

# БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
ДЕСЯТОЙ ШКОЛЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



17–21 сентября 2018 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ им. В.В.ДОКУЧАЕВА

# БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
X ШКОЛЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

(17–21 сентября 2018 г.)

Тверь 2018

УДК 551.0+556.56  
ББК 26.222.7+28.081.8  
Б79

Научный редактор:

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, проф. **Л.И. Инишева**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **Н.В. Гревцев**,  
кандидат технических наук **С.М. Новиков**

**Болота и биосфера:** материалы Всероссийской с международным участием X школы молодых ученых (17-21 сентября 2018 г., г. Тверь) / ФГБОУ ВО «Томский государственный педагогический университет»; ФГБОУ ВО «Тверской технический университет»; Докучаевское общество почвоведов. – Тверь, ООО «Наукоемкие технологии», 2018, - 311 с.: ил.

**ISBN 978-5-89428-865-9**

Сборник включает в себя избранные лекции ведущих специалистов и материалы молодых ученых по исследованию современного заболачивания ландшафтов, физико-химическим и биологическим свойствам болотных образований и нанотехнологии переработки болотных ресурсов; антропогенному влиянию на болотные экосистемы, перспективам развития в России торфяной промышленности. Сборник может быть рекомендован для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей естественнонаучных специальностей.

The collection includes the elected lectures of leading specialist and materials of the young scientists working in district research of the landscape peat formation, physic-chemical and biological productivity of peat formation, and the nanotechnology of conversion of peat resources, the antropogenic influence on mire ecosystems, the perspective development of peat industry. The collection could be recommend for the students, post-graduate students, researches, teachers of naturally – scientific specialities.

УДК 551.0+556.56  
ББК 26.222.7+28.081.8

**ISBN 978-5-89428-865-9**

© Авторский коллектив, 2018  
© ТГПУ, 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Вашему вниманию представлен сборник статей авторов, принявших участие во Всероссийской с международным участием X школе молодых ученых.

Среди полезных ископаемых, которыми богата наша страна, значительная роль принадлежит торфяным месторождениям, распространенным практически на всей территории РФ. Заболоченными землями занято около 25 % общей площади. Площадь земель под болотами продолжает возрастать. Так по сравнению с 2000 годом их площадь уже увеличилась на 6,7 млн. га. Торфяные ресурсы - это энергетический, промышленный и агрохимический ресурс, необходимый как в становлении энергетики и промышленности, так и в повышении продуктивности сельского хозяйства. С развитием науки он стал надежным источником в биотехнологии, здравоохранении и т.д. Например, использование торфяных ресурсов и сопутствующих образований (сапрпель, вивианиты, гажа, мергель) в сельском хозяйстве обладает большими преимуществами:

- ✓ повсеместная распространенность, что позволяет их использование в пределах каждого региона России;
- ✓ широкие возможности торфа как технологического сырья для получения высокоэффективных продуктов и материалов для нужд сельского хозяйства;
- ✓ состав органического вещества торфов биосферно совместим с составом органического вещества почв, их внесение стабилизирует плодородие;
- ✓ глубокая переработка сырья (микробиологическая, термическая и др.) позволяет значительно расширить ассортимент торфяной продукции;
- ✓ при рациональном использовании торфяных ресурсов и других болотных образований это практически неисчерпаемый и воспроизводимый ресурс;
- ✓ торфяная продукция востребуема в странах ближнего и дальнего зарубежья, что предопределяет возможность создания широкой индустрии такого производства.

Заметим, что во всем мире добыча и переработка торфа является высокорентабельным (30-40 %) и перспективным видом бизнеса. Мировая потребность в торфе имеет четко выраженную тенденцию к неуклонному росту. Экспорт торфа и торфяной продукции на современном этапе отмечается самый высокий в Германии – 1700 тыс. тонн (и это в стране, где естественных болот практически уже нет!).

А как же у нас в России? Огромные ресурсы торфа в России (разведанные и прогнозные – 166,9 млрд. т) составляют 31,4 % от мировых ресурсов и обеспечивают первое место в мире по запасам торфа. Эти ресурсы могут быть увеличены при изысканиях до 250 млрд. т, т.е. в 1,5 раза. Благодаря работе российских и белорусских учёных – торфоведов по состоянию на

1986 год торфяная промышленность России являлась ведущей отраслью по уровню механизации технологических процессов, организации торфяного производства и научному потенциалу среди торфодобывающих стран мира. В стране ежегодно добывалось более 55 млн. тонн торфа более чем на двух тысячах месторождениях. Экспорт торфа до 1990 г. составлял порядка 40 тыс. тонн в год (в основном в Японию, Германию, Нидерланды и Бельгию).

На начало «перестройки» торфяная промышленность представляла собой четко организованную добывающе-перерабатывающую отрасль со 100 % механизацией технологических процессов, высоким уровнем геологических работ и научных исследований.

В связи со снижением объёмов добычи и использования торфа в лихих 90-х годах и связанными с этим экономическими проблемами, заводы торфяного машиностроения были перепрофилированы на выпуск другого оборудования. Добыча торфа неуклонно сокращалась. Это было связано как с прекращением государственного финансирования отрасли, так и с обвальным падением платежеспособного спроса со стороны сельского хозяйства. **Итак, имея огромные ресурсы торфа, которые составляют 31,4 % от мировых и обеспечивают России 1-е место по их запасам, Россия в настоящее время практически их не использует.**

А будущее торфяной отрасли, безусловно, принадлежит молодым. Как признаются профессионалы-торфеды: **«Торфом – либо заниматься серьезно, либо не братья за него вообще»**. Несмотря на одинаковый механизм формирования залежи, торфяные болота исключительно разнообразны и поэтому по-разному будут себя проявлять при добыче и использовании. Только зная, какое именно сырье оптимально для производства конкретной продукции, можно начинать искать под нее сырьевую базу. Только, зная характеристики торфа в конкретной залежи, можно грамотно решить, какими методами его добывать, для чего использовать.

Публикуемые материалы Школы - попытка отразить состояние исследований по широкому кругу знаний о болотах, торфяном сырье, способах его добычи и переработки. В ходе подготовки материалов была сделана необходимая техническая правка представленных работ, за научное содержание ответственность несут сами авторы. **И заметим, десятая Школа проходит в стенах бывшего московского торфяного института, кузницы знаний и кадров-профессионалов. Пожелаем всем успехов!**

## УЧЕНЫЙ В ОБЛАСТИ ХИМИИ ТОРФА С.С. ДРАГУНОВ (К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

**Копенкина Л.В.**

**Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: lvkopenkina@mail.ru**

*Статья посвящена ученому в области химии торфа и технологии получения торфяных гуминовых удобрений, заведующему кафедрой общей химии Московского торфяного института, замечательному исследователю и педагогу Сергею Саввичу Драгунову.*

В этом году X Всероссийская с международным участием школа молодых ученых



С.С. Драгунов

«Болота и биосфера» посвящена 120-летию со дня рождения исследователя и экспериментатора в области изучения природы гуминовых кислот торфа, химии и технологии торфяных удобрений, заведующего кафедрой общей химии Московского торфяного института Сергея Саввича Драгунова (1898-1994).

Сергей Саввич Драгунов родился в Москве 30 декабря 1898 года в семье служащего. После окончания 11-й Московской гимназии с правом на золотую медаль (в 1917 году золотые медали не выдавались) он был призван на военную службу на Румынский фронт. В феврале 1918 года по указанию

начальства артиллерийской бригады Драгунов вернулся в чине прапорщика в Москву, так как «фронт разлагался» [1]. Сразу же по возвращении, в феврале 1918 года, Драгунов поступил на естественное отделение физико-математического факультета Московского государственного университета. В этот период студентам давалась свобода в выполнении учебной программы. Посещаемость лекций и практических занятий никем не отмечалась. Студент сам выбирал, какие лекции посещать и какие лабораторные работы выполнять.

По воспоминаниям Сергея Саввича [1], при выборе специальности он руководствовался соображением, где больше всего дисциплин по естественной истории. Такой специальностью оказалась агрохимия. Затем его заинтересовали лекции по органической химии Николая Дмитриевича Зелинского (1861-1953), выдающегося русского химика-органика, создателя научной школы, одного из основоположников органического катализа и нефтехимии, впоследствии академика.

Одновременно Драгунов был призван на военную службу в 5-й стрелковый полк, затем отозван как специалист для работы начальником семенного отдела агрослужбы

Александровской железной дороги (ныне – Смоленское направление Московской железной дороги).

Поскольку с продовольствием в это время в Москве было нелегко, а студентам Петровской сельскохозяйственной академии полагались особые пайки, Драгунов поступил сразу на 3-й курс этой академии с учетом сданных экзаменов и лабораторных зачетов в университете. Он стал учиться сразу в двух высших учебных заведениях, уволившись с агрослужбы. Еще до окончания университета Драгунов стал работать химиком в одном из первых советских научно-исследовательских институтов – Научном институте по удобрениям (НИУ). После окончания университета в 1924 году по специальности физикохимия он продолжил работать в научном институте по удобрениям (НИУ, с 1933 года – научный институт по удобрениям и инсектофунгицидам, НИУИФ) химиком, старшим химиком, руководителем сектора до 1938 года. В эти годы появились его первые печатные работы, выполненные совместно с академиком Эргардом Викторовичем Брицке, по анализу свойств минеральных удобрений, а затем гуминовых удобрений [3-5]. В 1934 году Вольфовичем С.И., Драгуновым С.С. и Росновской А.Н. было получено авторское свидетельство на изобретение № 39783 «Получение органо-минеральных удобрений», суть которого заключалась в обработке аммиаком угля, торфа и другого сырья под давлением и нейтрализации полученного продукта кислотой.

Одновременно с работой в НИУ Драгунов преподавал органическую и аналитическую химию на спецкурсах в Жировом техникуме, работал доцентом на кафедре органической химии Московского института инженеров общественного питания, заведовал кафедрой химии в Брянском лесном институте (1935-1937). В 1935 году Драгунов был утвержден Высшей аттестационной комиссией в звании «Действительный член Института».

В Московском торфяном институте (МТИ) С.С. Драгунов стал работать с 1938 года заведующим кафедрой общей химии. Стал читать курс общей химии, а затем органической химии, заниматься научно-исследовательской работой в области высокомолекулярных соединений – лигнина и гуминовых веществ.

В 1943 году он защитил докторскую диссертацию на тему «Методы исследования гуминовых веществ и реакция их аминирования» в Московском государственном университете, получил звание профессора в 1946 году.

В годы Великой Отечественной войны Драгунов был начальником оборонного производства Московского торфяного института.

В МТИ, а затем в Калининском торфяном институте С.С. Драгунов руководил научно-исследовательской работой в области высокомолекулярных соединений и окисления гуминовых веществ; обезвоживания торфа; самовозгорания торфа; гуминовых кислот торфа и

использования их в качестве удобрения; изучал водорастворимые соединения торфа [6-16]. В своей работе он поддерживал связь с Институтом почвоведения АН СССР.

Под руководством Драгунова был введен метод изучения отдельных элементов периодической системы с помощью микроанализа, организована лаборатория физической химии, для отдельных групп студентов проводился практикум по количественному и качественному анализу и по органической химии. Разработанная методика позволяла при налаженной аппаратуре за один рабочий день одному химику определить содержание карбоксильных и гидроксильных групп для нескольких образцов гуминовых кислот [10].

При работе с греющимися торфами в лаборатории общей химии МТИ в 1950 году в торфах было обнаружено присутствие перекисей. При действии перекиси водорода на низинные торфа, как правило, наблюдалось бурное разложение перекиси, сопровождающееся резким подъемом температуры. Это объяснялось присутствием в ионной форме железа в низинных торфах [15]. В 1955 году на торфяной опытной станции ВНИИТП состоялось научно-техническое совещание по вопросам саморазогревания и самовозгорания фрезерного торфа и других органических веществ, на котором Драгунов выступил с докладом по действию перекиси водорода на различные виды торфа.

В 1959-1960 учебном году Драгунов читал курс химии в МГУ.

В 1960 году С.С. Драгунов был командирован Главным управлением научно-технических вузов во Францию и Австрию для ознакомления с опытом применения и производства концентрированных гуминовых удобрений на основе торфа.

В 1961 году он был рекомендован для участия в международном симпозиуме «Гумус и растения», проходившем в Чехословакии.

На Международном конгрессе по торфу, проходившем в Ленинграде в 1963 году Драгунов входил в состав бюро, руководившем секцией использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. В работе секции приняли участие 124 представителя от 13 стран. На секции пришли к единодушному мнению, что дифференцированное использование торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве, особенно органических и торфяных стимулирующих препаратов, в различных странах имеет большое будущее, является вкладом в повышение благосостояния народов мира.

В 1960-е годы Драгунов вместе с сотрудниками лаборатории, а затем в Гипроторфе занимался вопросами применения новых ростовых веществ на посевах зерновых культур, испытаниями нового торфяного удобрения – гексаторфа, получением гуминовых кислот из торфа электрохимическим методом, физиологически активных веществ, витаминов из торфа [17-25].



Драгунов Сергей Саввич – автор более 60 научных трудов, авторских свидетельств на изобретения (способ получения фосфорнокислых удобрений, 1931; способ получения органоминерального удобрения (аминированием клетчатки торфа), 1935; способ получения органоминерального удобрения (аммоторфол), 1937; способ получения амида муравьиной кислоты, 1939; способ приготовления органо-минерально-гуминовых удобрений, например, гумофоски, 1960; способ детоксикации ядохимикатов, 1975 и др.).

Драгунов награжден медалями «За оборону Москвы», «За доблестный труд во время Великой Отечественной войны», орденом Трудового Красного Знамени, малой золотой медалью ВДНХ за успехи в народном хозяйстве.

### Список литературы

1. Драгунов, С.С. Записки моей жизни: из воспоминаний (о Москве 1920-х гг.) / С.С. Драгунов // Московский журнал. История государства Российского. – 2015. – №4 (292). – С. 30–41.
2. <http://www.klenniki.ru/mechev-obchin/mechevskay-miryne/394-sergej-savvichdragunov> (дата обращения 5.01.2018)
3. Драгунов, С.С. Гуминовые удобрения / С.С. Драгунов // Удобрение и урожай. 1931. – №2. – С. 168.
4. Драгунов, С.С. Получение азотно-фосфорно-органических удобрений из торфа / С.С. Драгунов // Удобрение и урожай. – 1931. – №11–12. – С. 1088.
5. Драгунов, С.С. Растворимость гуминовых кислот в связи с формами азота в различных торфах / С.С. Драгунов, Е.Ф. Бахтина // Органо-минеральные удобрения: сборник химико-технологических и агрохимических работ НИУИФ. – Л., 1936. – Вып. 127. – С. 26–35.
6. Драгунов, С.С. Изменение гуминовых веществ в процессе искусственного обезвоживания торфа / С.С. Драгунов, А.С. Лапшина // Отчет по теме №19. – М.: МТИ, 1940. – 34 с.
7. Драгунов, С.С. Водные свойства гуминовых кислот / С.С. Драгунов, А.С. Лапшина // В кн. Изучение водных свойств торфа. – М.: МТИ, 1945. – 32 с.
8. Драгунов, С.С. Влияние гуминовых кислот на водные свойства торфа и характеристика отжимных вод / С.С. Драгунов, А.С. Лапшина // В кн. Изучение водных свойств торфа. Ч. 5. – М.: МТИ, 1946. – 32 с.
9. Драгунов, С.С. Исследование реакции Майера образования гуминовых кислот / С.С. Драгунов, Е.Д. Грузинова. – М.: МТИ, 1944. – 29 с.
10. Драгунов, С.С. Ускоренные методы определения функциональных групп (торфяных) гуминовых кислот / С.С. Драгунов // Торфяная промышленность. – 1949. – № 8. – С. 23–25.
11. Драгунов, С.С. К вопросу химических воздействий на процесс искусственного обезвоживания торфа / С.С. Драгунов, С.А. Цупров // В кн. Механическое обезвоживание торфа. Ч. 2. Разд. 2. – М.: МТИ, 1950. – 32 с.
12. Драгунов, С.С. Механическое обезвоживание торфа / С.С. Драгунов [и др.] – М.: МТИ, 1951. – 32 с.
13. Драгунов, С.С. Разработка и проверка технологической схемы добычи торфа для сельского хозяйства применительно к существующему оборудованию, используемому при добыче торфа на топливо / С.С. Драгунов, В.Г. Калакуцкий. – М.: МТИ, 1954. – 14 с.
14. Драгунов, С.С. Исследование гуминовых кислот / С.С. Драгунов // Труды Московского торфяного института. – 1955. – Вып. 3. – С. 141–148.
15. Драгунов, С.С. К вопросу о разработке классификации склонности торфов к саморазогреванию / С.С. Драгунов, Е.Д. Грузинова // Торфяная промышленность. – 1955. – № 4. – С. 25–27.
16. Драгунов, С.С. Теория и практика производства и применения торфяных гуминовых удобрений / С.С. Драгунов. // В кн.: Межвузовская научно-техническая конференция по комплексному использованию торфа в народном хозяйстве. Тезисы докладов. – М., 1959. – С. 7.
17. Драгунов, С.С. Методика группового анализа торфов / С.С. Драгунов, Н.А. Кортацци // Труды Центральной торфяной болотной опытной станции. – 1960. – Т. 1. – С. 140–149.

18. Драгунов, С.С. Химическая природа гуминовых кислот / С.С. Драгунов // Сб.: Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Ч. 2. – Киев, 1962. – С. 11–22.
19. Драгунов, С.С. Торфяные гуминовые удобрения / С.С. Драгунов. // Международный конгресс по торфу. – Л., 1963. – 21 с.
20. Драгунов, С.С. Торфяные гуминовые удобрения и поглощающий комплекс / С.С. Драгунов // Труды Калининского торфяного института. – 1963. – Вып. 13. – С. 129–139.
21. Драгунов, С.С. Гексаторф – новое торфяное удобрение / С.С. Драгунов, Ряшенцев К.В., Моногова Л.М. // Сельскохозяйственное производство Нечерноземной зоны. – 1966. – № 6. – С. 37.
22. Драгунов, С.С. Физиологически активные вещества каустобиолитов / С.С. Драгунов // Химия твердого топлива. – 1967. – № 1. – С. 17–26.
23. Драгунов, С.С. Торфяные удобрения и физиологически активные вещества торфов / С.С. Драгунов // Сб.: Теоретические основы действия физиологически активных веществ и эффективность удобрений, их содержащих. Материалы Всесоюзной научной конференции, г. Днепропетровск, 14-17 июня 1967г. Раздел II. – 1970. – С. 5–13.
24. Драгунов, С.С. Физиологически активные вещества и образование их в торфяной залежи / С.С. Драгунов // Научные труды Центральной торфоболотной опытной станции. – 1973. – Вып. 2. – С. 44–49.
25. Драгунов, С.С. Значение торфяных гуминовых кислот для повышения плодородия почв / С.С. Драгунов // Доклады научной конференции по использованию торфа и торфяных земель в сельском хозяйстве. – М.: Россельхозиздат, 1974. – С. 37–40.

**THE SCIENTIST IN THE FIELD OF PEAT CHEMISTRY – S.S. DRAGUNOV  
(TO THE 120 ANNIVERSARY SINCE BIRTH)**

**Kopenkina L.V.**

*Article is devoted to the specialist in the field of peat chemistry and technology for producing peat humic fertilizers, Head of the Department of General Chemistry of the Moscow Peat Institute, wonderful scientist and teacher Sergey Savvich Dragunov.*

**Часть I**

**ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ**

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ В РОССИИ

Анисимова Т.Ю., Лукин С.М.

**Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», г. Владимир, Россия, e-mail: anistan2009@mail.ru**

*Обобщены результаты комплексных исследований по эффективному использованию осушенных торфяных почв в зависимости от региона и требований сельхозпроизводителя, по применению агробиотехнологических приемов, позволяющих сохранять органическое вещество (ОВ) и другие параметры почвенного плодородия данных почв различных стадий трансформации.*

По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых запасы торфа в России оцениваются в 181,1 млрд. т, что составляет более одной трети мировых ресурсов [1]. При этом хозяйственной ценностью обладает только их часть – не более 25–30 %, исключая мерзлые, заолонные, мелкие, охраняемые, удаленные месторождения [2]. На площади обрабатываемых месторождений на данный момент объём добычи торфа составляет 2 млн. т. Анализ показывает, что в настоящее время отрасль недопроизводит около 20–30 млн. т. Однако в целом к 30-40-м годам XXI века общий объём добычи торфа должен составить 4–6 млн. т для топлива и сельского хозяйства [3]. Возможно, что применение новых препаратов из продуктов глубокой переработки торфа может повлечь за собой и увеличение объёмов добычи торфа. По данным Инсторфа, в 90-е годы прошлого столетия по ряду объективных причин площадь осушенных и заброшенных торфяных месторождений составила 70 000 га [4]. Однако при небольших вложениях на реконструкцию на этих землях можно добывать до 20 млн. т торфа в год. Помимо добычи торфяники можно эффективно использовать в сельскохозяйственном производстве. Причем, не только добывая торф для производства различных органических удобрений, а, главным образом, за счет размещения на них агрофитоценозов, обеспечивающих выход до 10 т кормовых единиц с гектара сбалансированных по белку кормов. Согласно действующей ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения» предусмотрено увеличение потенциала сельхозугодий на площади 10,3 млн. га, а площадь осушенных земель должна к 2020 г. увеличиться до 5,4 млн. га [5].

В связи с тем, что основная мелиорация была закончена более 40 лет назад, то в настоящее время есть несколько возможных путей использования территорий с ранее осушенными торфяными почвами:

- проводить мероприятия по вторичному заболачиванию, восстанавливая экосистемные функции болот [3, 6];

- использовать под добычу торфа на топливо или производство различных видов удобрений, а затем рекультивировать или преобразовывать в природные экосистемы;

- на территориях с удовлетворительным водным режимом (при возможности проведения небольшой реконструкции мелиоративных систем с понижением уровней грунтовых вод) создавать лугопастбищные агроценозы, а где возможно и полноценные высокопродуктивные кормовые севообороты. Данный вариант обеспечивает бесконечно длительное время эффективное использование органического вещества торфяных почв.

С учетом складывающихся в последнее время тенденций направленных на обеспечение продовольственной безопасности России, на интенсификацию животноводческой отрасли, которая в свою очередь требует развития собственной качественной кормовой базы, осушенные торфяники рассматриваются, как потенциал для создания высокопродуктивных агрофитоценозов.

Высокая потенциальная производительная способность торфяников связана с их огромными запасами органического вещества (ОВ), азота, фосфора и водоудерживающей способностью. Так, в балансовых запасах торфа России в количестве 30,8 млрд. т, что в 5,5 раз меньше общих торфяных ресурсов страны, содержится 9,4 млрд. т органического вещества и 236,4 млн. т NPK, что превышает объем мирового производства минеральных удобрений в начале этого столетия [7].

Осушение и сельскохозяйственное использование резко меняют свойства и режимы торфяных почв. На фоне уменьшения влажности почвы происходит механическая усадка торфа, повышается температура органогенных горизонтов, возрастает аэрированность профиля, восстановительные условия сменяются окислительными [8]. Непрерывное торфонакопление, свойственное этим почвам в естественных условиях, сменяется после осушения активным биохимическим разложением органического вещества, активная фаза которого заканчивается после первых 10-15 лет эксплуатации [9]. В торфяных почвах коренным образом меняется направление почвообразовательного процесса в сторону, свойственным для автоморфных почв, круговорота органического вещества и накопленной энергии [10]. Это приводит к изменению морфологических, химических, физико-химических и биологических свойств торфяных почв, в то же время на скорость этих процессов оказывают влияние климатические условия, режим грунтовых вод, состав подстилающих пород [11, 8, 12].

Однако в процессе сельскохозяйственного использования основная масса ОВ при осадке концентрируется в слое 0-50 см от дневной поверхности почвенного слоя. Таким образом, запасы

органического вещества изменяются незначительно. От первоначальной мощности торфяной залежи зависит какие почвенные разновидности формируются в результате всех этих процессов: среднемощные и мощные торфяные почвы трансформируются в агроторфяные с содержанием ОВ более 50 %, а маломощные торфяные, торфянисто- и торфяно-глеевые после осадки и механического перемешивания с подстилающей песчаной породой формируют целый комплекс деградированных почв с содержанием ОВ менее 50 % [13].

В современных условиях при решении задач рационального использования торфяных почв, оценки их агроэкологического состояния и сохранения от деградации возрастает актуальность использования новых критериев, более полно отражающих состояние этих земель. То есть, кроме общих агрохимических показателей, важно учитывать фракционный состав соединений азота, фосфора, калия, оценивая потенциальные возможности перехода соединений из фракции во фракцию, а в итоге – плодородия торфяных почв.

Торфяная масса большинства болот бедна калием, фосфором и особенно микроэлементами (меди, кобальта, молибдена и бора). Однако есть ряд территорий, где торф обогащается грунтовыми водами при напорном питании минеральным фосфором, формируя торфовивианиты (содержание  $P_2O_5$  составляет 2,51-15,0 %), а вышележащие слои имеют достаточно высокое его содержание. При окультуривании территорий с торфяными почвами необходимым мероприятием является систематическое применение фосфорно-калийных удобрений и особенно комплекса микроудобрений, основанное на почвенной диагностике. Так как осушение прошло более 40 лет назад и основная часть свободного и в больших количествах высвобождающегося при минерализации ОВ азота уже использовано растениями, то под ряд кормовых культур необходимо внесение и азотных удобрений в форме минеральных солей. В таких случаях необходимо вносить в почву полное минеральное удобрение.

Ранее главным критерием в подходе к использованию осушенных торфяных почв являлась мощность органогенного слоя. Белорусские исследователи предлагали торфяные почвы с глубиной залежи торфа в осушенном состоянии до 1 м использовать только под многолетние травы, организовывая культурные сенокосы и пастбища [14-16]. Возделывание зерновых культур ранее рекомендовали только в период перезалужения, торфяные почвы с глубиной залежи торфа более 1 м – использовать под луговые угодья и в зернотравяных севооборотах, в структуре которых многолетние травы должны были занимать не менее 50 % посевных площадей с продолжительностью лугового периода не менее 5-7 лет [17, 12]. Поздняков А.И. (1998) считает, что критическая фаза в подходе рационального использования торфяных почв наступает при мощности 0,6-0,8 м. Таких запасов торфа при грамотном и бережном освоении достаточно для формирования окультуренных органогенных почв,

обеспечивающих их длительное малодegradационное использование. Независимо от типа и вида торфяника при мощности торфяного слоя менее 0,5 м – любое сельскохозяйственное использование, даже в качестве сенокосов и пастбищ под многолетними травами, не обеспечивает сохранение торфяников от быстрой и полной минерализации и деградации. Вместе с тем исследованиями Кировской ЛБОС установлено, что для успешного возделывания трав с участием бобового компонента наиболее приемлем остаточный слой торфа, равный 0,3-0,5 м, так как бобовые травы лучше развиваются на участках с небольшой мощностью торфа или полностью сработанных [18].

Как известно, многолетние травы способны поддерживать наиболее благоприятный баланс ОВ во всех типах почв (за счет большого количества растительных остатков, минимальной обработки почвы, морфологической способности структурировать почву и т.д.) и, особенно, в динамично трансформирующихся торфяных почвах, что определяет обязательное их включение в севооборот, где они могут занимать от 50 % севооборотной площади в травопольно-зерновых и овощных севооборотах, и до 70-80 % - в кормовых и лугопастбищных. Особая их роль на вновь осушаемых и реконструированных после длительного запустения мелиоративных объектах, как культур способных эффективно использовать минеральный азот, высвобождающийся при минерализации ОВ в первый период. А.Н. Уланов (2005), например, считает, что слой торфа мощностью 50 см под травами будет минерализовываться за 225 лет, в то время как при выращивании однолетних культур этот процесс закончится за 30 лет за счет ежегодной обработки почвы.

Поиск путей наиболее бережного и экономного расхода органического вещества при получении максимума продукции, разработка системы земледелия на осушенных торфяных почвах, которая бы позволила при высокой продуктивности создать саморегулирующийся бездефицитный баланс ОВ, являются перспективными направлениями исследований.

Требуется уточнения вопрос применения органических удобрений на торфяных почвах. Существует мнение, что торфяные почвы богаты органическим веществом, поэтому органические удобрения на них, как правило, не применяются [12]. Исключения составляют торфяные почвы Крайнего Севера, где внесение навоза улучшает температурный режим этих земель, повышает их биологическую активность, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур [19]. Также органические удобрения применяют на первых этапах после осушения, для ускорения биохимических процессов торфяных почв.

На средне и сильноминерализованных торфяных почвах необходимо применение органоминеральной системы удобрений. Это обеспечивает поддержание содержания органического вещества на этих почвенных разновидностях, высокую биологическую активность пахотного слоя почвы, снабжение растений элементами питания, а также улучшает

водно-физические свойства в целом. Дозы органических удобрений должны быть дифференцированы в зависимости от степени сработки, её типа и почвенно-климатических условий, а также возделываемой культуры. Исследованиями А.Н. Уланова (2005) установлено, что наиболее эффективным по урожайности и в экономическом отношении является внесение навоза в дозе 40 т/га под посев многолетних трав.

В настоящее время сельскохозяйственное использование торфяных почв (которые различаются не только содержанием в них ОВ, но и водным режимом) должно основываться на принципах адаптивно-ландшафтного земледелия. Только в этом случае весь комплекс почвенных разновидностей торфяных почв способен обеспечивать высокий и заданный стабильный уровень производительной способности (7-8 т к.ед./га и более, выход переваримого протеина – более 8 ц/га и обменной энергии – 100 ГДж). Достичь этих показателей возможно только за счет оптимизации структуры посевных площадей и адаптации кормовых культур к определенным гидрологическим и агрохимическим свойствам поля, являющегося элементом агросистемы.

Таким образом, эффективное использование и экологическая безопасность торфяных осушенных почв должна и будет определяться почвенно-климатическими условиями и потребностями, как в целом региона, так и отдельными сельхозпроизводителями.

### Список литературы

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2008 года. Торф. – М.: Российский федеральный геологический фонд, 2008. – Вып. 96. – 204 с.
2. Косов, В.И. Научные основы использования торфяных ресурсов в стратегии устойчивого развития России // Режим доступа: <http://www.mostorf.ru/t29.html>. – 2008.
3. Современные тенденции развития торфяной отрасли России / В.В. Панов, О.С. Мисников // Труды Инсторфа. – 2015. – № 11 (64). – С. 3–12.
4. Перспективное использование выработанных торфяных болот / под общей редакцией В.В. Панова. – Тверь: Триада, 2013. – 280 с.
5. Концепция федеральной целевой программы «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года (проект). – М.: МСХ РФ, 2010. – 60 с.
6. Торфяные болота России: актуальные проблемы сохранения и рационального использования / Т.Ю. Минаева // Торф и бизнес. – 2011. – № 2 (20). – С. 31–32.
7. Инишева, Л.И., Маслов, С.Г. Роль торфяных ресурсов в стратегии устойчивого развития // Труды Инсторфа. – 2013. – № 8 (61). – С. 3–10.
8. Зайдельман, Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов / Ф.Р. Зайдельман. – М.: КДУ. – 2009. – 752 с.
9. Шкутов, Э.Н. Агрогенная трансформация торфяных почв и ее последствия / Э.Н. Шкутов [и др.] // Мелиорация. – 2010. – № 1 (63). – С. 100–111.
10. Лученок, Л.Н. Изменение качественного состава органического вещества торфяных почв Белорусского Полесья в результате длительного сельскохозяйственного использования / Л.Н. Лученок, Э.Н. Шкутов, С.Г. Баран // Мелиорация. – 2010. – № 1 (63). – С. 112–119.
11. Бамбалов, Н.Н. Краткий исторический очерк становления и развития химии и торфа Беларуси / Н.Н. Бамбалов // Природопользование. – Минск, 2012. – Вып. 22. – С. 24–46.



12. Ефимов, В.Н. Торфяные почвы и их плодородие / В.Н. Ефимов. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
13. Цытрон, Г.С. Пространственно-временная трансформация осушенных органогенных почв сельскохозяйственных земель Беларуси / Г.С. Цытрон, С.В. Шульгина, Т.Н. Азаренок [и др.] // Весці НАН Беларусі, сер. Аграрных навук. – 2016. – № 2. – С. 10–16.
14. Уланов, А.Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России. – Киров, 2005. – 320 с.
15. Поздняков, А.И. Торф, торфяные почвы, удобрения / А.И. Поздняков, Н.Г. Ковалев, Д.А. Мусекаев, Л.А. Позднякова. – М.: ВНИИМЗ, 1998. – 239 с.
16. Скоропанов, С.Г. Агротехнические требования по возделыванию сельскохозяйственных культур на торфяноболотных почвах / С.Г. Скоропанов [и др.] // Библиография. – 1990. – № 10. – С. 22.
17. Мееровский, А.С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А.С. Мееровский, В.П. Трибис // Новости науки и технологий. – Минск, 2012. – № 4. – С. 23.
18. Уланов, А.Н. Восстановление болотообразовательных функций на обработанных торфяных месторождениях / А.Н. Уланов, Е.Л. Журавлева, Х.Х. Шельменкина // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем. Сборник научных трудов, выпуск 1 (49) / Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса. – М.: Угрешская типография, 2014. – С. 103–112.
19. Иванова, О.Г. Перспективы использования торфа в сельском хозяйстве Магаданской области // Инновационные технологии использования торфа в сельском хозяйстве. – Владимир: ВНИИОУ, 2010. – С. 109–118.

## **THEORETICAL AND PRACTICAL BASES EFFECTIVE USE OF DRAINED PEATLANDS IN RUSSIA**

**Anisimova T.Yu., Lukin S.M.**

*Summarizes the results of a comprehensive study on the effective use of drained peat soils depending on the region and requirements of farmers, the use of agrobiotechnologies practices that preserve organic matter (OM) and other parameters of soil fertility are these soils different stages of transformation.*

## ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ БОЛОТ В ЦЕЛЯХ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Бабилов Б.В.<sup>1</sup>, Кобак К.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУВО «Санкт-Петербургский Государственный Лесотехнический Университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: subota\_m@mail.ru

<sup>2</sup> Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: kobakkira@mail.ru

*В статье рассмотрены способы осушения болот и эффективность лесовыращивания естественных древостоев и искусственно созданных насаждений. Отмечено влияние осушения болот на эмиссию CO<sub>2</sub>.*

Переувлажненные земли в лесном фонде России занимают более 200 млн. га, среди них болота – около 130 млн. га. Болота по содержанию питательных веществ («богатству») разные. Богатые или евтрофные болота занимают около 57 млн. га, около 16 млн. га приходится на относительно богатые или мезотрофные болота. Остальные болота относятся к олиготрофным. Большая часть болот покрыта лесом, почти повсеместно облесены евтрофные и мезотрофные торфяники. Произрастающие здесь сосновые древостои, обычно низкобонитетные, малопродуктивные в основном оцениваются IV-V классом бонитета. Запас древостоев редко превышает 80-100 м<sup>3</sup>/га.

Основной причиной низкой продуктивности болот при лесовыращивании является вода и питательная бедность торфа. Еще в 1896 году П.И. Журда [4] отмечал «...если успешному росту леса препятствует только избыток воды, то осушение болот дает высокий эффект» [4].

Показателем богатства является зольность торфа. В естественно сформированных болотах зольность колеблется от 1-2 % до 6-8 %. С.Э. Вомперский [3] отмечал, что при зольности 6-8 %, что свойственно для евтрофных болот, можно при гидромелиорации выращивать древостои I-IIa класса бонитета. При зольности до 1-2 %, это обычно олиготрофные болота, и после гидромелиорации не следует ожидать рост древостоев выше IV класса бонитета.

Реализация почвенного плодородия торфяных болот возможна только при гидромелиорации путем понижения уровня грунтовых вод на величину определяемую понятием «норма осушения». Это небольшое понижение уровня грунтовых вод на глубину до 40-50 см, что обеспечивается систематической сетью каналов глубиной 0,8-1,0 м, проведенных через определенные расстояния, обычно 80-200 м в зависимости от типа болота и его зольности.

В более глубоком понижении уровня грунтовых вод нет необходимости. Известно, что после осушения происходит интенсивное разложение органического вещества торфяных почв. Эмиссия CO<sub>2</sub> в атмосферу происходит медленно. В почвенном воздухе накапливаются

высокие концентрации  $\text{CO}_2$ . Исследованиями установлено[1], что корни растений не могут существовать при концентрации  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе более 1,5-2,0%. Высокие концентрации  $\text{CO}_2$  являются своеобразным биологическим барьером, препятствующим прорастанию корней вглубь. Поэтому при любой интенсивности осушения на осушенных торфяниках древостой имеет поверхностную корневую систему, и нет надобности в устройстве глубокой сети осушительных каналов. В полном смысле происходит не осушение торфяных болот, используемых в целях лесовыращивания, а регулирование водного режима корнеобитаемой зоны в период вегетации в пределах глубины 0,4-0,5 м. Исследования осушенного в 1841 году болота «Суланда» в Лисинском учебно-опытном лесхозе, показали, что в весеннее время после снеготаяния и в настоящее время грунтовые воды поднимаются к поверхности, а иногда и выходят на поверхность почвы. К началу вегетации осушительные каналы отводят грунтовую верховодку. Высокобонитеный древостой растет, а болото, как природное образование сохраняется и после. Осушение болот, а точнее их гидромелиорация, является надежным, а точнее единственно возможным в наших условиях способом повышения продуктивности лесов.

Изучению лесовыращивания на осушенных болотах посвящены многочисленные работы в Ленинградской области [1, 2, 3, 5], в Карелии [7], на Урале [8] и др.

В лесном хозяйстве гидромелиорация проводится обычно на облесенных болотах с низкобонитеными (III-V класса бонитета) древостоями, чаще всего, сосновыми. Но осушаются и не облесенные болота. Во всех случаях лесоводственная эффективность определяется богатством или зольностью торфа. На недостаточно богатых олиготрофных болотах после осушения формируется древостой III реже II класса бонитета (табл. 1, опытный участок 1). На мезотрофных более богатых болотах могут формироваться древостои II и I класса бонитета (табл. 1, опытный участок 2).

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоев естественного происхождения

Возраст, лет	Средние		Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета	Состав
	Н, см	Д, см				
Опытный участок 1. Олиготрофный торф, зольность 3,5 %						
60-70	17,0	16,3	0,74	228	III	10С
Опытный участок 2. Мезотрофный торф, зольность 5,4 %						
50-60	21,5	20,1	0,75	313	II	10С+Б
Опытный участок 3. Мезотрофный торф, зольность 5,6 %						
20	11,9	9,6	0,87	180	I	
29	14,9	12,6	0,91	253	I	

На безлесных участках формируются более продуктивные древостои. В наших исследованиях (табл. 1, опытный участок 3) вновь сформировавшийся древостой оценивается I классом бонитета с годичным приростом 8,7 м<sup>3</sup>/га.

После гидромелиорации необлесенных торфяников здесь целесообразна посадка лесных культур. Создавать их следует по микроповышениям в виде плужных пластов.

Созданные на богатых мезотрофных торфяниках культуры отличаются высоким приростом уже в первые годы после их создания (табл. 2).

Таблица 2. Лесные культуры сосны

Возраст, лет	Средние		Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета	Годичный прирост, м <sup>3</sup> /га
	Н, см	Д, см				
Мощный мезотрофный торф, зольность 5,3 %						
20	10,7	10,3	0,87	177	Ia	8,8
29	15,2	16,6	0,89	256	Ia	8,8
Маломощный мезотрофный торф, зольность 18-20 %						
20	9,2	10,6	1,00	141	Ia	8,2
32	16,1	14,2	1,10	287	Ia	11,2
57	26,2	21,7	1,08	252	Ia	10,8

При создании посадок по плужным пластам, особенно на маломощных торфяниках, сформировавшихся на тяжелых почвах, в бороздах (канавках) застаивается вода, под водой корни не растут [1]. Для обеспечения развития симметричных корневых систем необходимо отводить воду из борозд. На мощных торфяниках, где нет резких различий в фильтрации воды с глубиной, вывод борозд в каналы не обязателен. Прирост насаждений (табл. 2) в 20-ти летнем возрасте практически одинаков на маломощном торфянике с глубиной торфа 0,4-0,5 м и на торфянике с глубиной торфа 2,0-3,0 м.

Особенностью лесорастительных условий на торфяных почвах являются высокие концентрации CO<sub>2</sub> в почвенном воздухе и достаточно высокий уровень грунтовых вод. Поэтому в таких условиях в древостоях и формируются поверхностные корневые системы.

Торфяные болота являются природными хранилищами (депо) углерода.

Эмиссия углерода торфяников в форме CO<sub>2</sub> – газообразный поток углерода в атмосферу [5], может иметь важное значение в глобальном балансе CO<sub>2</sub>. Интенсивность продуцирования CO<sub>2</sub> не остается постоянной, изменяясь в зависимости от варьирования гидротермических условий (рис. 1).

При слабой степени дренированности торфяников, когда грунтовые воды располагаются близко к поверхности, что может наблюдаться летом и на неосушаемых болотах, в атмосферу за период вегетации может поступать до 4,5-5,0 тонн CO<sub>2</sub>.

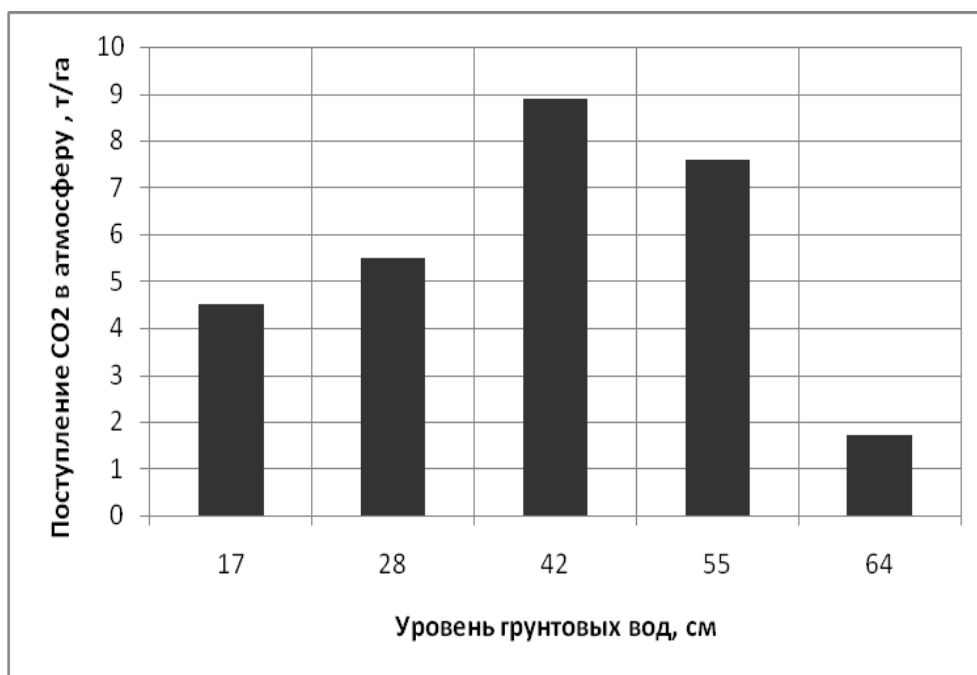


Рисунок 1. Поступление CO<sub>2</sub> в атмосферу при осушении болот.

При лучшем дренировании, с понижением грунтовых вод до 40-45 см, создаются лучшие условия для активности почвенной микрофлоры. Углекислоты, как продукты дыхания, выделяется больше. Повышенная эмиссия CO<sub>2</sub> в таких условиях в атмосферу может выделяться до 8,5-9,0 т/га углекислоты за период вегетации. Близкие величины, около 10 т/га за 5 летних месяцев были получены и Б.Н. Макаровым [6] при исследованиях на перегнойно-торфяной почве парового поля. При повышении уровня грунтовых вод до 30 см подавляется биологическая активность вновь, вновь отмечается снижение продуцирования CO<sub>2</sub>. При снижении уровня грунтовых вод до 65-70 см, в почве проявляется недостаток влаги, активность почвенной микрофлоры снижается. Одновременно увеличивается порозность аэрации. Улучшается «проветривание» почвы, и эмиссия продуцирования CO<sub>2</sub> снижается до 1,6-1,7 т/га за период вегетации.

Прогрессирующее заболачивание снижает продуктивность лесных земель, но при организованной гидромелиорации богатых торфяников можно существенно увеличить объем лесопользования.

### Список литературы

1. Бабилов, Б.В. Экология сосновых лесов на осушенных болотах / Б.В. Бабилов. – СПб.: Наука, 2004. – 165 с.
2. Бабилов, Б.В. Формирование корневых систем культур сосны на осушенных торфяных почвах / Б.В. Бабилов, Ю.Е. Колесников // Лесное хозяйство. – СПб., 1997. – № 4 (185). – С. 25-31.
3. Вомперский, С.Э. Биологические основы эффективности лесосошения / С.Э. Вомперский. – М.: Наука, 1968. – 310 с.
4. Журда, П.И. Об осушительных работах в центральных губерниях и влияние канализации на лесную растительность / П.И. Журда // Лесной журнал. – СПб.: Наука, 1846. – Вып. 1. – С. 1–43.
5. Кобак, К.И., Сперанская, Н.А. Заболачивание и аккумуляция углерода в болотных экосистемах России. В сб. «Структурно-функциональные исследования растений в приложении к актуальным проблемам экологии и эволюции биосферы». Тезисы докладов. СПб.: БИН, 2009. – С. 26.
6. Макаров, Б.Н. Содержание воздуха и аэрация перегнойно-торфяных почв // Почвоведение. – 1962. – С. 87–92.
7. Пятецкий, Г.Е. Осушение верховых болот / Г.Е. Пятецкий // Лесное хозяйство. – СПб., 1965. – № 11. – С. 10–15.
8. Чиндяев, А.С. Лесоводственная эффективность осушенных лесов Среднего Урала / А.С. Чиндяев. – Екатеринбург: УГЛТА, 1995. – 185 с.

### THE HYDROLOGICAL ROLE OF BOGS FOR THE PURPOSES OF FOREST REGENERATION

**Babikov B.V., Cobak C.I.**

*In the article methods of draining swamps and efficiency of forest growing of natural stands and artificially created plantations.*

## ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Гамаюнов С.Н.<sup>1</sup>, Мисников О.С.<sup>2</sup>, Диченский А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Научно-производственное объединение «Нисаба», г. Тверь, Россия,  
e-mail: sngb1@mail.ru

<sup>2</sup> Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: oleg.misnikov@gmail.com

<sup>3</sup> Тверская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тверь, Россия,  
e-mail: mail@tvgsha.ru

*В современном сельскохозяйственном производстве плодородие почв и общая продуктивность пашни в основном зависят от качества и количества и внесения минеральных и органических удобрений. Наблюдаемое за последнее десятилетие снижение содержания гумуса в почве требует систематического применения разнообразных органических удобрений на основе торфа. Рассмотрена возможность использования гумусового торфяного мелиоранта для рекультивации и повышения плодородия почв.*

*Введение.* В прошлом веке в нашей стране была поставлена задача резкого повышения урожайности в сельскохозяйственном производстве. Основная ставка была сделана на химизацию, предусматривающую применение в растениеводстве минеральных удобрений. Однако повсеместное использование различных видов химических средств играет и свою негативную роль. Как показывает практика, систематическое применение исключительно минеральных удобрений не повышает, а наоборот снижает уровень плодородия почвы, ухудшает ее структуру и приводит к деградации [1, 2].

В Тверской области объемы использования удобрений планомерно возрастали до периода 1986-1992 гг., когда на каждый гектар пашни ежегодно вносили по 120–151 кг д. в. минеральных и 5-7 т органических удобрений. Средняя урожайность зерновых к этому периоду составила 15,4 ц/га, в том числе по озимой пшенице – 22 ц/га, ячменю – 20,8 ц/га, ржи – 17,7 ц/га (против 7 ц/га в 1960-е годы). Валовый сбор зерна был на уровне 890–910 тыс. тонн в среднем за год [3, 4].

Известно, что урожайность и качество сельскохозяйственных культур находятся в прямой зависимости от плодородия почвы, характеризуемого содержанием в ней, в первую очередь, гумуса [5]. Об этом свидетельствуют практика и результаты многолетних исследований различных ученых [6, 7].

В период проведения постперестроечных реформ работы по повышению плодородия земель в Тверской области начали сокращаться катастрофическими темпами и к 1996–1998 гг. были практически свернуты [8]. Например, объемы известкования кислых почв за последние 20 лет уменьшились в 50 раз и составили к 2003 году – 0,5 тыс. га, а с 2007 г. были полностью прекращены. Внесение минеральных удобрений сократилось в 20 раз, то есть до 6,5 кг/га

посевной площади, органических – в 15 раз и составило 0,4 т/га пашни. Урожайность зерновых составила 8,4 ц/га посевной площади. Валовый сбор – 120 тыс. т, что в шесть раз меньше уровня 1990-х годов.

*Основная часть.* О критическом состоянии обеспеченности элементами питания свидетельствует расчет баланса элементов питания, который на протяжении последних 10 лет постоянно уменьшался, и составляет в настоящее время 35,3 кг/га: в том числе азота – 20,8 кг/га, фосфора – 2 кг/га, калия – 12,5 кг/га [4]. В связи с отрицательным балансом элементов питания формирование урожая сельскохозяйственных культур в области происходит, в основном, за счет почвенного плодородия. При этом происходит постоянное истощение почвы.

В производственных условиях важно на основе результатов агрохимического обследования определить уровень обеспеченности почв элементами питания, подобрать более дешевый ассортимент удобрений, который обеспечит наивысшую окупаемость производственных затрат [9].

Теоретически и экспериментально установлено, что с увеличением количества гумуса активизируется рост культур, повышается их урожайность и качество. Например, существует высокая корреляционная связь между содержанием гумуса в почве и содержанием клейковины в зерне [10]. Так, при изменении содержанием гумуса в почве от 2,5 до 7 %, количество клейковины в зерне увеличивается примерно в два раза.

Сегодня во многих регионах России наблюдается отрицательный баланс гумуса, что подрывает основы плодородия. В тоже время, только для компенсации выноса гумуса вместе с урожаем необходимо ежегодно вносить на культивируемых площадях до 13 тонн органических удобрений на 1 га почвы. Однако текущая ситуация такова, что в большинстве областей Центрального района Нечерноземной зоны насыщенность 1 га пашни органическими удобрениями, преимущественно навозом, не превышает 1-2 т/га, при необходимых как минимум 5-6 т/га. Достичь указанного уровня внесения гумуса в зоне распространения дерново-подзолистых почв без использования других органических удобрений практически невозможно [11].

У экспертного сообщества нет сомнения в том, что производство и применение торфяных удобрений создает предпосылки для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [12].

Торфяные удобрения являются одним из эффективных средств повышения плодородия почвы и восстановления ее биологических, химических и физических свойств [13]. Благодаря питательным веществам, которые содержатся в них, создаются благоприятные условия для нормального роста и развития растений. Многолетними исследованиями доказано, что при



внесении концентрированных органических торфяных удобрений урожайность сельскохозяйственных культур увеличиваются от 37 до 73 %, то есть в среднем – на 50 % [14].

Россия, вследствие колоссальных запасов торфа (по оценкам ученых, общие запасы этого полезного возобновляемого ресурса исчисляются 150-170 млрд. т) и многовековых традиций его использования, является идеальным местом для производства подобного вида продукции. Торф должен сыграть значительную роль в дальнейшем развитии экономики страны, так как имеет огромный потенциал, но незаслуженно забыт.

Почвы Тверского региона бедны гумусом и питательными веществами. Вследствие этого только для поддержания постоянного содержания гумуса требуется ежегодное внесение до 15 т/га органических удобрений. А научно-обоснованная норма внесения, обеспечивающая стабильную прибавку урожая, составляет 20-40 т/га.

Крайне тяжелое финансовое положение производителей сельскохозяйственной продукции Тверской области, высокая стоимость минеральных удобрений, сокращение поголовья крупного рогатого скота не позволяет в ближайшие годы увеличить объемы применения органических и минеральных удобрений.

В этих условиях необходимо использовать дешевые источники восполнения элементов питания, такие как органические удобрения, произведенные на основе торфа (компосты, мелиоранты, гуматы и т.п.), позволяющие активизировать труднорастворимые формы элементов питания и за счет этого получать достаточно высокие урожаи всех сельскохозяйственных культур. Доказано не одним десятилетием научных исследований и практическим использованием на полях Тверской области, что производство и применение торфяных удобрений создают предпосылки для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Тверская область является крупнейшей в Европейской части Российской Федерации по запасам торфа, которые оцениваются в 2182 млн. т (при условной влажности 40 %) и сосредоточены на более чем 2600 торфяных месторождениях, расположенных практически во всех административных районах. Оказание бюджетной помощи в приобретении сельскохозяйственными предприятиями органических удобрений на основе торфа будет способствовать формированию платежеспособного спроса на данный вид продукции, и как следствие – возрождению торфяной отрасли в нашем регионе.

Таким образом, изменившаяся экономическая ситуация, диктует необходимость разработки иной стратегии и тактических подходов по обеспечению сельскохозяйственных предприятий удобрениями. Прежде всего, должна произойти переориентация на территориальные агрохимические ресурсы, поскольку цена удобрений, стоимость их

перевозки, узкий ассортимент, и снижение производства минеральных удобрений в целом ведут к обвальному падению их применения.

Технология подготовки и внесения органических удобрений позволяет решить одновременно несколько природоохранных проблем: утилизация отходов, оздоровление санитарной обстановки на территории и вблизи крупных предприятий, сокращение газообразных потерь азота, получение большей части органоминеральных удобрений, минуя стадию предварительной подготовки. Использование органоминеральных удобрений позволяет уменьшить в несколько раз дозы внесения в сравнении с традиционными органическими удобрениями, что существенно сократит расходы, при условии равного (в ряде случаев большего) эффекта влияния на продуктивность культур.

Воздействие минеральных удобрений направлено на коррекцию эффективного плодородия почв, химических мелиорантов – почвенного поглощающего комплекса, органических удобрений – на органическую составляющую и эффективное плодородие. Следовательно, традиционно применяемые удобрения оказывают, как правило, одностороннее воздействие на почвенное плодородие.

Для ускорения восстановления активности земель необходимы органические удобрения, обогащенные гуминовыми кислотами с физиологически активными группами и свободными азотсодержащими компонентами.

Компостирование – биотехнологический процесс, позволяющий в условиях достаточной аэрации и влажности возвращать в кругооборот природы биогенные органические отходы и материалы.

Сущность метода компостирования заключается в следующем. Отходы сельскохозяйственных животных, смешиваются с углеродсодержащими материалами, которые впитывают жидкую составляющую отходов животноводства и поглощают газообразные продукты разложения. Затем смесь определенный период времени подвергается контролируемым биохимическим воздействиям, обусловленным деятельностью микроорганизмов в толще компостируемой органической массы.

Процесс компостирования можно разбить на резко отличающиеся по физическим характеристикам этапы стабилизации и созревания. На этапе стабилизации температура повышается до термофильного уровня. По мере повышения температуры происходит размножение бактерий и легко окисляющиеся органические соединения гидролизуются. Выделяющаяся избыточная энергия способствует быстрому повышению температуры. Эта температура может находиться в диапазоне 55-70 °С в зависимости от метода компостирования. При таких температурах патогенные микроорганизмы гибнут, или их численность значительно сокращается. При снижении температуры процесс созревания

компоста может продолжаться. В этот период происходит медленное разложение органических веществ, пока не наступит состояние равновесия. Конечный продукт представляет собой смесь стабильных компонентов. Окончание процесса компостирования определяется по заметному снижению температуры и уменьшению скорости разложения твердых органических веществ. В некоторых случаях количество твердых органических веществ при компостировании может уменьшаться до 50 %.

Основная цель компостирования – стабилизация склонных к гниению органических веществ, сохранение питательных компонентов и получение однородного сыпучего продукта, пригодного для использования в качестве структурообразующего удобрения, а также обеззараживание от патогенной микрофлоры и семян сорных растений. Поэтому правильно подготовленный компост имеет двойную ценность по сравнению с навозом, обладает более высокой степенью питательности и экологической чистоты.

Периодичность внесения органоминеральных удобрений за счет эффекта пролонгации их действия значительно ниже, чем минеральных – один раз в 3-5 лет. Кроме того, за один проход техники вносятся совместно с органическими и минеральные удобрения, в том числе и микроэлементы с другими необходимыми растениям компонентами, например, стимуляторами роста.

Превращение торфа в высокоценное органическое удобрение после компостирования его с известью подтверждается данными полевых экспериментов с картофелем. Прибавка урожая картофеля по компосту составила 47 ц/га, тогда как по одному торфу, внесенному в той же дозе, урожай был только на 19 ц/га больше, чем в контрольных условиях.

Применение солей гуминовых кислот торфа – гуматов возможно на всех типах почв и для всех видов растений [15]. Однолетние растения сильнее реагируют на внесение гумата вначале своего развития и в момент образования органов репродукции. Древесные – после пересадки сеянцев и саженцев, когда травмируется корневая система. То же самое относится к овощным и декоративным рассадным культурам. Гуматы используют на всех стадиях развития растения, начиная с замачивания семян. Дальнейшая обработка гуматами ведется в период вегетации. При этом расход гумата во многом определяется природой растения. Так, при выращивании зерновых (пшеница, рожь, овес, ячмень и др.) – 2-5 кг/га; технических культур (хлопок, лен и др.) – 4-6 кг/га.

Многолетними исследованиями сотрудников Тверского государственного технического университета, направленными на изучение фундаментальных свойств торфа, созданы основы для разработки наукоемких технологий преобразования торфяного сырья, повышения его агрономической и биологической ценности, производства мелиорантов почв [16]. В частности, учеными нашего технического университета разработано средство по

качественному улучшению плодородия почв – гумусовый мелиорант «Нисаба» [17].

Следует подчеркнуть, что «Нисаба» – это не удобрение в традиционном понимании, а комплексный (NPK + гуматы + микроэлементы), натуральный и экологически чистый мелиорант. Он не количественно (как удобрения увеличивают концентрацию питательных веществ), а качественно улучшает агрофизические, агрохимические, микробиологические, биохимические, физико-химические свойства почв. «Нисаба» в виде гранул обладает сравнительно высокой насыпной плотностью – 450–550 кг/м<sup>3</sup>, позволяющей осуществлять экономически выгодные перевозки его на большие расстояния.

По своим агрохимическим характеристикам «Нисаба» превосходит наиболее широко известные виды органических удобрений (табл. 1). При смешивании с местной непродуктивной почвой в определённых пропорциях, «Нисаба» воспроизводит и обеспечивает функции чернозёма, стимулирует быструю приживаемость, рост и развитие любых растений [18].

Таблица 1. Основные характеристики органических удобрений на торфяной основе

Наименование удобрения	Влажность, %	Содержание питательных веществ, % сухой массы			
		Азот		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		общий	легкорастворимый		
<b>Навоз</b>					
на соломенной подстилке	75...80	0,6	0,15	0,2...0,4	0,5...0,6
на торфяной подстилке	75...80	0,6	0,18	0,2...0,3	0,5...0,6
<b>Компост</b>					
торфонавозный	60...75	2...3,5	0,06...0,5	0,2...0,4	0,4...1,2
торфожижевой	65...80	2...3,5	0,12...0,7	0,15...0,4	1,5...3
торфоизвестковый	55...75	2,3...3,2	0,06...0,5	0,01...0,08	0,2
<b>Торфоминерально-аммиачные удобрения</b>					
ТМАУ-1	55...63	1,3...3,5	0,5	0,6	0,6
ТМАУ-2	55...63	1,6...3,8	0,8	0,9	0,9
<b>Гумусовый мелиорант почв</b>					
«Нисаба»	< 30	3,7	0,4	0,8	0,8

Гумусовый мелиорант «Нисаба» предназначен для любой почвы в различных климатических зонах для выращивания большинства культур.

Разработанная производственная линия изготовления мелиорантов, которая прошла опытную проверку, позволяет оперативно изменять состав и количество вносимых ингредиентов в зависимости от требований потребителя, с учетом вида почвы и ее исходного состояния. Созданная с помощью гумусового мелиоранта почв «Нисаба» экосистема является самодостаточной и саморазвивающейся. При строгом соблюдении и выполнении технологии его применения процесс развития созданной экосистемы приводит к полному воссозданию некогда утраченного естественного плодородия почвы.

Одним из ноу-хау в разработанной нами технологии производства «Нисаба» является специально разработанный способ активации гумуса торфа, которое позволяет увеличить содержание гуминовых кислот в нем в 2-3 раза. Немаловажно и то, что эффективность «Нисаба» обусловлена в определенной степени и гранулированной формой мелиоранта.

Внесение современных высокоэффективных гумусовых мелиорантов на основе торфа поможет решить задачу повышения качества и количества выпускаемой сельскохозяйственной продукции во многих регионах нашей страны. Его сравнительно легко можно вносить либо ручным способом, либо с помощью разбрасывателей органических удобрений. Для создания 15-сантиметрового плодородного слоя необходимо равномерно один раз в пять лет разбросать до 3 кг гранул «Нисаба» на 1 м<sup>2</sup> поверхности и заделать их в почву с помощью лопаты или культиватором. Все последующие агротехнические мероприятия проводятся с использованием правил для возделывания выращиваемой культуры.

Экспериментально доказана эффективность применения «Нисаба» при выращивании картофеля в полевых условиях. Опыты проводились при непосредственном участии авторов в учебном инновационном центре «Агротехнический полигон» в составе ФГБОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия». Картофель сорта «Невский» высаживали в дерново-подзолистую супесчаную почву по традиционной технологии. Предшественник – химический пар. Обработка почвы – зяблевая вспашка, весенняя культивация, нарезка гребней, окучивание. Минеральное удобрение – аммофоску, вносили из расчета по 150 кг/га д. в. NPK.

Доказано, что применение гумусового мелиоранта «Нисаба» обеспечивает существенную прибавку урожайности картофеля (табл. 2). Продуктивность растений возрастает на 57-72 %. Побочных эффектов от используемого гранулированного мелиоранта у растений не наблюдали. Установлено, что минеральные удобрения в исследуемых дозах значительно уступали по эффективности мелиоранту.

Таблица 2. Урожайность картофеля в зависимости от плодородия почвы

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, %
Без удобрений (контроль)	13,06	–
N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	19,14	47
Нисаба (3 т/га)	20,55	57
Нисаба (3 т/га) + N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	21,62	66
Нисаба (4 т/га)	22,41	72

Применение торфяного мелиоранта позволит избежать негативных эффектов, возникающих при недостатке влаги в песчаной почве. Экономия воды сможет достичь 50 %, что позволит увеличить интервалы между поливами как минимум вдвое.

Благодаря большой водопоглощительной способности «Нисаба» не позволяет поливной воде уходить в почву и испаряться с ее поверхности, а насыщенность гумусового мелиоранта большим количеством органических и минеральных веществ допускает поливать высаженные растения обычной водой не чаще одного раза в неделю, сокращая потребление воды в 10 раз.

Широкомасштабное производство торфа, органических удобрений и мелиорантов на его основе для нужд сельскохозяйственных предприятий во многих регионах страны и, в особенности, Нечерноземья, станет реальным стимулом развития торфяного бизнеса, созданием новых рабочих мест, а также в комплексе мощным импульсом социально-экономического развития сельских депрессивных территорий многих регионов страны.

Оказание бюджетной помощи в приобретении сельскохозяйственными предприятиями органических удобрений на основе торфа будет способствовать формированию платежеспособного спроса на данный вид продукции, и как следствие – возрождению торфяных предприятий в стране.

*Заключение.* Таким образом, восполнение недостающих объемов органических удобрений в Тверской области необходимо осуществлять за счет внесения в почвы удобрений на основе торфа. Применение гумусового мелиоранта «Нисаба» позволяет значительно сократить потребность в поливной воде и в ряде случаев, полностью отказаться или существенно сократить применение различных видов химических, минеральных и органических удобрений. Сухой безжизненный грунт самостоятельно, постепенно и неотвратимо начинает превращаться в плодородную почву, пригодную не только для посадки и произрастания различных видов растений, но и для последующего сельскохозяйственного применения полностью восстановленных земель.

### Список литературы

1. Гогмачадзе, Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / Г.Д. Гогмачадзе. – М.: Издательство Московского университета, 2010. – 592 с.
2. Теория минерального питания: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 36.01.06 «Сельское хозяйство» / Сост.: В.П. Белоголовцев, Е.А. Нарушева // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 121 с.
3. Кузнецов, П.Н. Эффективность отдельных технологических приемов при возделывании овса посевного в условиях Верхневолжья / П.Н. Кузнецов, А.В. Диченский, Л.М. Соловьева // Известия МААО. – 2017. – № 34. – С. 96–100.
4. Фирсов, С.А. Оптимизация агроэкологического состояния дерново-подзолистых почв Тверской области на основе регионального мониторинга: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08 / С.А. Фирсов // Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2011. – 47 с.
5. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почвы / А.М. Лыков. – М.: Московский рабочий, 1985. – 192 с.
6. Панасин, В.И. Гумус и плодородие почв Калининградской области: монография / В.И. Панасин, Д.А. Рымаренко. – Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – 220 с.
7. Кидин, В.В. Органические удобрения: учебное пособие / В.В. Кидин. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 166 с.
8. Барановский, И.Н. Торф в плодородии дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны: монография / И.Н. Барановский. – Тверь: Изд-во ТГСХА «АГРОСФЕРА», 2009. – 222 с.

9. Диченский, А.В. Влияние различных доз удобрений на фиторазнообразие и урожайность лугопастбищных травостоев в условиях Верхневолжья / А.В. Диченский, Н.В. Гриц // Известия МААО. – 2017. – № 33. – С. 156–159.
10. Азаров, К.А. Эффективность удобрений под зерновые культуры с учетом геоморфологии агроландшафта и уровня содержания гумуса в почве: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / К.А. Азаров // Саратовский государственный университет им. Вавилова. – Саратов, 2014. – 181 с.
11. Гамаюнов, С.Н. Торф и агробизнес: учебное пособие / С.Н. Гамаюнов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 120 с.
12. Торф, торфяные почвы, удобрения / Н.Г. Ковалев, А.И. Поздняков, Д.А. Мусекаев, Л.А. Позднякова. – М.: ВНИИМЗ, 1998. – 240 с.
13. Крупнов, Р.А. Использование торфа и торфяных месторождений в народном хозяйстве / Р.А. Крупнов, Е.Т. Базин, М.В. Попов. – М.: Недра, 1992. – 232 с.
14. Гамаюнов С.Н. Тенденции производства и переработки торфа для нужд сельского хозяйства: монография / С.Н. Гамаюнов. – Тверь: ООО Издательство «Триада», 2016. – 256 с.
15. Гуминовые вещества торфа: физико-химические свойства и перспективы применения / И.И. Лиштван, А.М. Абрамец, Ю.Г. Янута, Г.С. Мониц, Н.С. Першай, В.Н. Алейникова // Природопользование: сб. науч. тр. – Минск: Государственное научное учреждение "Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси", 2012. – Вып. 22. – С. 92–95.
16. Комплексные и специализированные мелиоранты почв на основе торфа и сапропеля / Г.А. Соколов [и др.] // Торф и Бизнес. – 2007. – № 1 (7). – С. 24–30.
17. Мисников, О.С. Современные средства для технологий повышения плодородия почв / О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев, С.Н. Гамаюнов // Вестник Тверского государственного университета. – 2011. – № 7. Вып. 9 (Экономика и управление). – С. 87–93.
18. Фаринюк, Ю.Т. Технологический менеджмент кормового луговодства: монография / Ю.Т. Фаринюк, А.В. Диченский, С.Н. Гамаюнов. – Тверь: Изд-во ТГСХА «АГРОСФЕРА», 2008. – 208 с.

**THE RATIONALE FOR THE USE OF RESOURCES OF PEAT DEPOSITS  
OF THE TVER REGION FOR THE PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS  
Gamayunov S.N., Misnikov O.S., Dichensky A.V.**

*In modern agricultural production fertility of soils and the general efficiency of an arable land generally depends on the level of use of mineral and organic fertilizers. The decrease in the maintenance of a humus observed for the last decade in the soil demands systematic use of various organic fertilizers on the basis of peat. Possibility of use of a humic peat ameliorant for recultivation and increase of fertility of soils is considered.*

**БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКОВ**

**Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Лысак Л.В.**  
**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,**  
**Россия, e-mail: dobrtata@mail.ru**

*Настоящая статья представляет собой обзор данных в области изучения обилия, разнообразия и функций бактерий в верховых торфяниках. Бактерии обнаружены по всему профилю торфяников. Доля метаболически активных составляет в верхних слоях 50 %, в нижних – 20 %. В общей микробной биомассе на бактериальную составляющую приходится от 1 до 86 %. Бактериальные комплексы верховых торфяников характеризуются низкой численностью и разнообразием бактерий-гидролитиков и высокой долей бактерий-гидробионтов. Среди специфических форм бактерий обнаружены метанотрофы, ацидобактерии, планктомицеты. Бактерии, обитающие в верховых торфяниках, адаптированы к неблагоприятным условиям, и способны осуществлять разнообразные функции.*

Несмотря на то, что анализ бактериальных сообществ торфяников проводится уже более полувека, остается еще много вопросов, на которые предстоит ответить микробиологам. Главные из них – какие же группы и таксоны бактерий преобладают в торфяниках разного генезиса, какие экологические функции они способны осуществлять в специфической среде обитания, в которой процессы микробной деструкции блокированы высокой степенью обводнённости, низкими температурами, кислотностью, анаэробнозом, токсичностью сфагнолов и т.д.

На кафедре микробиологии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова исследования структуры и функций микробных сообществ верховых торфяников проводятся уже более 20 лет. В 2013 г. вышла книга, в которой подводятся итоги изучения функционирования микробных комплексов верховых торфяников и анализируются причины медленной деструкции торфа [1].

В верховых торфяниках бактерии люминесцентно-микроскопическим методом обнаруживают на всех глубинах. Их численность в расчёте на 1 г сухого торфа составляет единицы-сотни млрд. клеток; что соответствует плотности заселения микроорганизмами лесных подстилок, дернины и верхних гумусированных горизонтов литоземных почв. Для бактерий выявлена тенденция равномерного распределения или плавного уменьшения численности вниз по профилю. Что касается сезонной динамики, то показатели обилия бактерий в верхней полуметровой толще различаются в пределах порядка, в нижней – не более чем в 2-3 раза [2].

Бактериальная биомасса в верховых торфяниках варьирует от 0,1 до 3 мг/г. В общей микробной биомассе на долю бактерий в верхних слоях торфяников приходится от 1 до 12 %, в глубоких слоях – от 7 до 86 %.



Особую роль имеют данные, характеризующие физиологическое состояние бактериальных комплексов. В верховых торфяниках с помощью флуоресцентного красителя L7012 (LIVE/DEAD BacLight bacterial viability kit) были выявлены метаболически активные (содержащие много 16S рРНК), покоящиеся и мертвые клетки бактерий. Активно функционирующие бактериальные клетки удалось обнаружить по всему профилю. Их доля в верхней метровой толще не превышала 50 %, в слое 2-3 м – 20 %. Доля покоящихся клеток оказалась самой высокой, она увеличивалась с глубиной. Среди всех выявленных бактериальных клеток доля мертвых клеток была самой низкой [3].

Одной из ответных реакций на неблагоприятные условия существования и воздействие стрессовых факторов является формирование мелких форм бактерий. Благодаря этой особенности бактерии способны выживать в природных условиях [4]. Верховые торфяники постоянно находятся под влиянием факторов, которые блокируют функционирование микроорганизмов и обуславливают замедленную деструкцию верхового торфа. Как показали исследования, доля наноформ (бактерии мелкого размера, проходящие через мембранные фильтры диаметром пор 200 нм) в разных слоях верхового торфяника низка и не превышает 5 % от общей численности бактерий [5]. Однако в отличие от бактерий обычного размера, среди наноформ высока доля метаболически активных клеток, которая составляет 93-98 % [3]. Максимальная доля активных клеток среди наноформ свидетельствуют об их устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Таким образом, не только бактерии обычных размеров (живые и покоящиеся), но и мелкие бактерии представляют «пул» в торфяниках, который в благоприятных условиях способен переходить в активное состояние и осуществлять основные экологические функции.

Для изучения таксономической структуры бактериальных сообществ торфяников на родовом уровне был выбран комплекс сапротрофных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий, растущих на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде, и участвующий в конвейерной переработке растительных остатков. Численность бактерий этого блока варьировала от  $10^5$  до  $10^8$  КОЕ/г в зависимости от глубины залегания торфа, типа торфяника и срока отбора образцов. Разница между плотностью бактериальных группировок в верхних и нижних слоях составляла не более порядка.

В исследуемых торфяниках были обнаружены бактерии 37 родов, из них 26 родов – представители грамотрицательных бактерий и 11 родов – представители грамположительных бактерий (табл.). Показатели обилия (абсолютные и относительные) для отдельных родов бактерий приведены в работах [6-8].

Таблица. Список родов сапротрофных бактерий, выделенных из торфяников на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде

	Эколого-трофические группы	Роды (37)
Грамотрицательные бактерии (26)	гидролитики	<i>Polyangium, Nannosystis, Cystobacter, Muxococcus, Cytophaga, Sporocytophaga, Chitinophaga, Flavobacterium, Erwinia</i>
	копиотрофы	<u>Аэробные протеобактерии:</u> <i>Aquaspirillum, Azospirillum Pseudomonas, Xanthomonas, Achromobacter, Chromobacterium, Methylobacterium, Janthinobacterium, Xanthomonas, Azotobacter, Beijerinckia</i> <u>Факультативно-анаэробные протеобактерии:</u> <i>Klebsiella, Proteus, Vibrio, Aeromonas, Plesiomonas</i>
	олиготрофы	<i>Caulobacter</i>
Грамположительные бактерии (11)	гидролитики	<u>Спорообразующие бактерии:</u> <i>Bacillus, Paenibacillus, Clostridium</i> <u>Актинобактерии:</u> <i>Cellulomonas, Streptomyces, Nocardia, Micromonospora</i>
	копиотрофы-олиготрофы	<i>Arthrobacter, Rhodococcus, Micrococcus, Mycobacterium</i>

Среди как грамотрицательных, так и грамположительных бактерий обнаружены представители всех эколого-трофических групп: копиотрофы, гидролитики и олиготрофы. Бактериальные комплексы торфяников отличает высокая доля бактерий-гидробионтов. Их процентное содержание варьирует от 44 до 90 % в поверхностных горизонтах и от 64 до 96 % – в глубоких слоях торфяников. Бактерии гидробионты представлены псевдомонадами, микроаэрофильными спиралями (род *Aquaspirillum*) и факультативно-анаэробными энтеробактериями родов *Klebsiella, Proteus, Vibrio, Aeromonas, Plesiomonas*. Все эти бактерии являются типичными копиотрофами, которые усваивают лишь водорастворимые мономеры. Верховые торфяники характеризуются низкой численностью и низким разнообразием бактерий-гидролитиков. Основными агентами, способными осуществлять деструкцию полимеров в этих почвах, являются бациллы.

Олиготрофные бактерии удалось выделить из торфяников методом предельных разведений [7]. Обнаружены представители родов *Caulobacter, Hyphomicrobium* и *Prosthecomicrobium*. Бактерии рода *Caulobacter* встречались на всех глубинах (вплоть до подстилающих пород) торфяников, тогда как бактерии родов *Hyphomicrobium* и *Prosthecomicrobium* – только в пределах верхней метровой толщи.

Анализ микробного сообщества верховых торфяников методом высокопроизводительного пиросеквенирования генов 16S рРНК выявил 37229

последовательностей, отнесённых к Bacteria, среди которых наиболее распространены представители Acidobacteria, Alphaproteobacteria, Actinobacteria, Verrucomicrobia, Planctomycetes, Deltaproteobacteria и Gammaproteobacteria [9]. Самой многочисленной группой оказались ацидобактерии: на их долю в верхнем, аэробном, слое верховой залежи приходилось около 35,6 всех проанализированных фрагментов ДНК и около 39,6 – в анаэробном, затопленном водой пласте торфа на глубине 0,5 м. Эти бактерии выживают в торфяниках, используя различные гетерополисахариды, которые высвобождаются в результате деструкции сфагнома и других растительных остатков. Они способны осуществлять свои функции при низких температурах и в кислой среде, что характерно для верховых болот [10].

В верхних слоях сфагновых болот бореальной зоны ещё одной из численно доминирующих групп бактерий являются планктомицеты [11, 12]. “Болотные” штаммы разлагают такие полисахариды как пектин, ламинарин и ксилан, но не способны проводить гидролиз целлюлозы и хитина. Планктомицеты могут существовать в широком диапазоне pH 4,2-7,5 и температуры 4-33 °C [13, 14].

Изучение специфических форм бактерий, характерных для верховых торфяников, позволило выявить группу метанотрофных бактерий, адекватно адаптированных к росту в кислых, холодных и ультрапресных условиях. Представители родов *Methylocella* и *Methylocapsa* активно ассимилировали метан в условиях низкой минерализации и pH от 4,0 до 5,5. “Болотные” метанотрофы оказались активными азотфиксаторами, а у представителей *Methylocella* обнаружена способность к факультативной метанотрофии [15].

Применение молекулярных методов исследования позволило также идентифицировать представителей метаногенного сообщества сфагновых болот. Из очёса сфагнового мха были выделены археи семейств Methanomicrobiaceae, Methanocarpusculaceae и Methanoplanaceae, из глубоких слоёв торфяника – археи рода *Methanosarcina* [16]. Обнаружено протекание в анаэробных слоях верхового торфяника как водородного, так и ацетокластического метаногенеза. В чистую культуру выделен ацидофильный метаноген, представляющий новый вид рода *Methanobacterium* [17].

В последние годы появились исследования, объектом изучения которых стали эндофитные бактериальные популяции сфагновых мхов. Установлено, что в компонентном составе эндофитных гетеротрофных бактериальных сообществ сфагновых мхов различного географического происхождения преобладают представители родов *Pseudomonas*, *Serratia*, *Burkholderia*, *Flavobacterium*, *Collimonas*, *Stenotrophomonas*. Штаммы бактерий, выделенные из тканей сфагновых мхов, способны активно взаимодействовать с высшими растениями сельскохозяйственного значения и оказывать положительное влияние на их рост и развитие [18].

Таким образом, в верховых торфяниках обитают и функционируют представители самых разнообразных групп бактерий, включающих как копиотрофов, так и олиготрофов, как метаногенов, так и метиловых бактерий, как органотрофов, так и фототрофов. Необходимо дальнейшее изучение разнообразия и функционирования бактериальных комплексов в специфических условиях болотных экосистем. При этом применение широкого арсенала методов, как традиционных классических, так и современных молекулярно-биологических, повысит эффективность обнаружения, выделения, идентификации и учёта бактерий из торфяников. Так, классические микробиологические методы необходимы для выделения чистых культур, изучения метаболического потенциала и физиологии, исследования ультраструктуры клеток и т.д. Молекулярные методы помогут в идентификации бактериальных клеток *in situ*; в определении их популяционной численности; в установлении таксономической принадлежности и т.д.

Несколько слов о ферментативной активности бактериальных сообществ верховых торфяников. Наличие фенолоксидазной активности было зафиксировано для бактерий родов *Aquaspirillum* и *Alcaligenes*. Проявление фенолоксидазной активности имеет особое значение, так как полимерные фенольные соединения, накапливающиеся в больших количествах в сфагновых болотах, являются ингибиторами энзимов. При окислении полифенолов теряется их токсичность.

Проверка нитрогеназной активности основных представителей грамтрицательных бактерий, а также разных видов бацилл, выделенных из верховых торфяников, показала их относительно высокую активность. Уровень активности азотфиксации культур при низкой температуре культивирования (4–6 °C) был выше, чем при 25 °C.

Теперь следует сказать об антимикробной активности сфагнума – основного торфообразователя верховых болот. В 1899 г. чешский исследователь Чапек выделил из листьев сфагнума специфическое фенолоподобное антисептическое вещество, названное впоследствии сфагнолом. Сфагнол – это смесь ароматических кислот, среди которых доминирует сфагновая кислота (гидрокси-карбоксиметил-коричная кислота). Доминирующие в верховых торфяниках бактерии оказались устойчивыми к тем сфагнолам, которые содержатся в сфагновых экстрактах и ингибируют рост бактерий из других биотопов, в том числе патогенных бактерий [19]. Таким образом, бактерии, обитающие в верховых торфяниках, адаптированы к тем неблагоприятным условиям, которые складываются в верховых торфяниках, и способны осуществлять разнообразные функции.

С другой стороны бактерии могут защищать сфагновые мхи от фитопатогенов – известно, что сфагновые мхи не подвержены грибным заболеваниям. При проверке антагонизма бактерий по отношению к двум фитопатогенным грибам – *Verticillium dahliae* и

*Rhizoctonia solani* было установлено, что 26 % исследованных бактерий обладали антигрибной активностью. Среди бактерий-антагонистов доминировали представители рода *Burkholderia* – характерные обитатели сфагновых торфяников [19].

Проблема сохранения болот как резервуаров аккумуляции больших запасов углерода (следовательно, и кислорода) напрямую связана и с проблемой сохранения бактериального разнообразия на планете. Бактерии разных эколого-трофических групп и разных филогенетических групп обнаружены по всему профилю торфяных почв. Показано их участие в процессах, связанных с деструкцией растительных остатков, круговоротах углерода и азота. Приведённые выше факты опровергают мнение о “стерильности” нижних слоев торфяной залежи и могут быть дополнительным доказательством целесообразности включения в объем понятия “торфяная почва” всей толщи торфяной залежи независимо от ее мощности. Учитывая адаптацию “болотных” бактерий к условиям кислой среды, низких температур, частичного анаэробнозиса и т.д., можно прогнозировать длительное сохранение специфических форм бактерий в торфяных почвах, поддерживающих разнообразие бактерий на планете Земля.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00452-а.*

### Список литературы

1. Добровольская, Т.Г. Функционирование микробных комплексов верховых торфяников – анализ причин медленной деструкции торфа / Т.Г. Добровольская, А.В. Головченко, Д.Г. Звягинцев, Л.И. Инишева и др. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. - 128 с.
2. Головченко, А.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Микробиологические основы оценки торфяника как профильного почвенного тела / А.В. Головченко, Т.Г. Добровольская // Вестник Томского государственного педагогического университета. - 2008. – Вып. 4 (78). Серия: Биологические науки. - С. 46-53.
3. Богданова, О.Ю. Жизнеспособность бактерий в торфяниках / О.Ю. Богданова, А.В. Головченко, Л.В. Лысак, Т.В. Глухова, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. - 2014. - № 4. - С. 462-472.
4. Чернов, В.М. Адаптация микоплазм к биогенным и абиогенным стрессорам: нанотрансформация и мини-тела *Acholeplasma laidkawii* / В.М. Чернов, Ю.В. Гоголев, Н.Е. Мухаметшина, Ф.А. Абдрахимов, О.А. Чернова // Доклады Академии наук. -2004. - Т. 396. - № 3. - С. 417-420.
5. Лысак, Л.В. Численность, жизнеспособность и разнообразие фильтрующихся форм прокариот в сфагновом верховом торфянике / Л.В. Лысак, Е.В. Лапыгина, И.А. Конова, М.С. Кадулин // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. - 2014. - № 3. - С. 241-235.
6. Добровольская, Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв / Т.Г. Добровольская. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2002. - 282 с.
7. Головченко, А.В. Особенности пространственного распределения и структуры микробных комплексов болотно-лесных экосистем / А.В. Головченко, Л.М. Полянская, Т.Г. Добровольская и др. // Почвоведение. - 1993. - № 10. - С. 78-89.
8. Головченко, А.В. Сапротрофный бактериальный комплекс верховых торфяников Западной Сибири / А.В. Головченко, Ю.В. Санникова, Т.Г. Добровольская, Д.Г. Звягинцев // Микробиология. - 2005. - Т. 74. - № 4. - С. 545-551.
9. Serkebaeva, Y.M. Pyrosequencing-based assessment of the bacteria diversity in surface and subsurface peat layers of a northern wetland, with focus on poorly studied phyla and candidate divisions / Y.M. Serkebaeva, Y. Kim, IV. Liesack, S.N. Dedysh PloS ONE. 2013, 8 (5): e63994. doi:10.1371/journal.pone.0063994
10. Pankratov, T.A. Substrate-induced growth and isolation of *Acidobacteria* from acidic *Sphagnum* peat / T.A. Pankratov, Y.M. Serkebaeva, E.S. Kulichevskaya et al. // The ISME Journal. - 2008. - V. 2. - P. 551-560.
11. Куличевская, И.С. Выявление представителей Planctomycetes в сфагновых болотах с использованием

- молекулярных и культуральных подходов / И.С. Куличевская, Т.А. Панкратов, С.Н. Дедыш // Микробиология. - 2006. - Т. 75. - № 3. - С. 389-396.
12. Dedysh, S.N. Phylogenetic analysis and in situ identification of bacteria community composition in an acidic Sphagnum peat bog / S.N. Dedysh, T.A. Pankratov, S.E. Belova et al. // Appl. Environ. Microbiol. - 2006. - V. 72 (3). - P. 2110-2117.
  13. Kulichevskaya, I.S. *Schlesneria palidicola* gen. nov., sp. nov., the first acidophilic member of the order Planctomycetales, from *Sphagnum*-dominated boreal wetlands / I.S. Kulichevskaya, A.O. Ivanova, S.E. Belova et al. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. - 2007. - V. 57. - P. 2680-2687.
  14. Kulichevskaya, I.S. *Singulisphaera acidiphila* gen. nov., sp. nov., a non-filamentous, isosphaera-like Planctomycete from acidic northern wetlands / I.S. Kulichevskaya, A.O. Ivanova, O.I. Baulina et al. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. - 2008. - V. 58. - P. 1186-1193.
  15. Дедыш С.Н. Ацидофильные метанотрофные бактерии/ Дисс. .... доктора биол. наук. / С.Н. Дедыш.- М.: МАКС Пресс, 2005. - 235 с.
  16. Upton, M. Combined molecular ecological and confocal laser scanning microscopic analysis of peat bog methanogen populations / M. Upton, B. Hill, C. Edwards et al. // FEMS Microbiol. Letters. - 2000. - V. 193. - P. 275-281.
  17. Kotsyurbenko, O.R. Acetoclastic and hydrogenotrophic methane production and methanogenic populations in an acidic West-Siberian peat bog / O.R. Kotsyurbenko, K.-J. Chin, M.V. Glagolev et al. // Environ. Microbiol. - 2004.-V. 6. - P. 1159-1173.
  18. Щербаков, А.В. Эндофитные бактерии сфагновых мхов как перспективные объекты сельскохозяйственной микробиологии / А.В. Щербаков, А.В. Брагина, В.Ю. Кузьмина, К. Берг и др. // Микробиология. - 2013. - Т. 82. - №3. - С. 312-322.
  19. Добровольская, Т.Г. Антагонистические взаимоотношения бактерий и грибов в торфяниках / Т.Г. Добровольская, А.В. Кураков, А.В. Головченко, Н.С. Павлова // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. Почвоведение. - 2012. - № 4. - С. 32-35.

## **RAISED BOGS' BACTERIAL COMMUNITIES**

**Dobrovolskaya T.G., Golovchenko A.V., Lysak L.V.**

*This article is a review of data on abundance, diversity and functioning of bacteria in raised peat bogs. Bacteria were found throughout all the depth of peat bogs. A number of metabolically active bacteria in upper layers was 50 %, in lower ones it was 20 %. The percentage of bacteria in total microbial biomass was from 1 to 86 %. Hydrobiont bacteria dominate in saprotrophic bacterial complex. Low number and low diversity of hydrolyte bacteria are distinctive aspects of raised peat bogs. Methanotrophs, acidobacteria and planktomycetes were found among the specific forms of bacteria. We come to the conclusion that bacteria, living in raised peat bogs, are adapted to unfavourable conditions and are able to perform a variety of functions.*

## СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО КАДАСТРА ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

**Женихов Ю.Н., Иванов В.Н.**

**Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: Jenixov2@mail.ru, vnivanov-69@mail.ru**

*В статье приведено описание создаваемой электронной базы данных торфяных месторождений в Центральном федеральном округе. Поиск информации по торфяному месторождению может осуществляться по различным признакам: по административному району, по наименованию, по номеру, по типу торфяной залежи, по площади в границе промышленной глубины торфяной залежи менее 10 га и другим.*

*Введение.* На территории Центрального федерального округа (ЦФО) находится 18594 торфяных болота. Торфяные ресурсы размещены на 13801 торфяном месторождении и оцениваются в 4,7 млрд. т (табл. 1). Из баланса исключено 4793 объекта, в том числе 2931 выработанное месторождение, 123 затопленных, 3 застроенных, 6 выгоревших месторождений, 1368 торфяных заболоченностей и 344 месторождений с органоминеральными отложениями [1].

Таблица 1. Торфяные ресурсы Центрального федерального округа России (по состоянию на 1.01.2000 г.)

Административная область	Торфяные месторождения			Запасы, млн. т		Охраняемые площади болот, %
	Всего	В том числе		Всего	Балансовые	
с балансовыми запасами		объекты охраны				
Белгородская	107	25	5	8,2	2,9	10,7
Брянская	1547	567	77	296	193,1	4,2
Владимирская	716	173	97	191,5	134,7	26,6
Воронежская	118	38	4	14,6	5,6	36,8
Ивановская	1530	339	91	152,4	98,6	18,1
Калужская	411	96	21	36,3	25,5	11,1
Костромская	1282	503	146	507,5	222,8	44,6
Курская	247	84	–	49,7	32,2	–
Липецкая	92	14	7	10,4	7,4	24,9
Московская	1100	225	93	295	225,6	10,8
Орловская	316	64	24	27,4	10,6	2
Рязанская	1062	376	83	222,1	143,6	16,7
Смоленская	1341	737	98	503,4	326,4	21,9
Тамбовская	338	70	–	29,9	20	–
Тверская	2828	1454	324	2031,3	831,3	54,3
Тульская	58	3	2	3,71	0,25	9,9
Ярославская	708	284	34	310,6	169,8	36,8
<b>ВСЕГО</b>	<b>13801</b>	<b>5052</b>	<b>1106</b>	<b>4690,01</b>	<b>2450,35</b>	

На долю разведанных торфяных запасов приходится 3,9 млрд. т., в том числе по категории А+В+С<sub>1</sub> – 3,4 млрд. т (72 %). Прогнозные ресурсы составляют 0,8 млрд. т. Это говорит о высокой изученности торфяных запасов.

Максимальное количество торфяных месторождений в ЦФО выявлено, разведано и учтено на территории Тверской области. Общая площадь торфяных месторождений области в 3 раза больше площади Люксембурга или в 17 раз больше площади Андорры. Более чем по тысяче болот располагаются в Брянской, Ивановской, Смоленской, Костромской, Московской и Рязанской областях.

*Основная часть.* Для рационального и ресурсосберегающего использования торфяных ресурсов областей Центрального федерального округа необходимо создание электронной базы данных, в которой будет храниться вся необходимая информация о них. На кафедре «Природообустройство и экология» ТвГТУ в течение нескольких лет ведется работа по составлению электронной базы торфяных месторождений. Кроме сотрудников кафедры в работе участвуют магистранты.

В качестве исходной информации используются справочники торфяных месторождений по административным областям, составленные ранее сотрудниками треста «Геолторфразведка». В этих справочниках в информации о местонахождении торфяных месторождений описывалось их расположение в административном районе области, расстояние в направлении по ближайшему румбу от районного центра, а также от двух или более (для крупных болот) ближайших сельских населенных пунктов.

Торфяные месторождения отдельно заносятся в таблицы по административным районам областей (табл. 2).

Таблица 2. Торфяные месторождения Краснохолмского района Тверской области

Номер по справочнику	Название	Географические координаты	Показ космического снимка	
			обзорный	детальный
144	Струбищенская выгорода	58°09'С 37°00'В	Да	Да
145	Красносеменовское	58°06'С 37°04'В	Да	Да
146	Большое Погорельское	-	-	-
147	Чуриловское	58°05'С 37°14'В	Да	Да
148	Шанькино	-	-	-
149	Выгородка	58°03'С 37°14'В	Да	Да
150	Худековское	58°04'С 37°21'В	Да	Да
151	Григоровское	57°59'С 37°02'В	Да	Да
152	Трещевецкое	57°57'С 37°05'В	Да	Да
153	Горшковское	57°55'С 37°07'В	Да	Да
2072	Бобровское	57°59'С 37°13'В	Да	Да

Сегодня возникают трудности при поиске конкретных торфяных месторождений по материалам геологических разведок. Во-первых, с момента привязки болот геологами к деревьям многие из них за прошедшие десятки лет прекратили свое существование.



Например, в Бельском районе Тверской области прекратили существование 330 деревень и хуторов. Во-вторых, частое перекраивание административных районов областей приводит к «миграции» месторождений из одного района в другой и даже из одной области в другую. При исчезновении сразу всех близлежащих деревень поиск удаленных от райцентра небольших болот по румбу в пределах  $45^{\circ}$  является непростой задачей. Дополнительную трудность создают ошибки в названиях сельских населенных пунктов (например, при поиске исчезнувшей деревни Овчинники в Спиловском районе Тверской области, оказалось, что правильное название её было Овинники). Поэтому в электронный кадастр было принято записывать только существующие на данный момент времени деревни с их кодом ОКТМО. Исчезнувшие деревни при отсутствии близко расположенных к болотам существующих деревень естественно записываются без такого кода.

Для визуального представления местоположения месторождений с площадью в границе промышленной глубины торфяной залежи более 10 га в базу данных внесены скрин-шоты обзорных и детальных снимков, сделанных с космических спутников. При создании электронного кадастра торфяных месторождений используются современные картографические сервисы. Чаще всего нами используется программа Google Earth Pro из-за возможности определять площадь болота, используя формулы расчета площади многоугольника. В случае неудовлетворительного качества спутникового снимка применяются Яндекс-карты и Bing. Однако эти сервисы пока не дают возможность автоматически находить площадь болота, представленного многоугольником.

На обзорном снимке или схемы с Яндекс-карт выделяется конкретное месторождение и соответствующий районный центр области. Это выполнялось следующим образом. При помощи программы Google Earth Pro находим город или деревню, указанную в информационной таблице, откладываем необходимое расстояние до болота, ставим отметку и выделяем границы. Далее это изображение переносим в базу данных и, пользователь, используя гиперссылку под словом «Да» в информационной таблице данного месторождения, может открыть данное изображение (рис. 1). Обзорный снимок позволяет увидеть расположение данного месторождения относительно районного центра (в данном случае от Дмитрова Московской области), транспортные магистрали и др.

На детальном снимке показаны ближайšie к месторождению деревни (если они сохранились), контуры месторождения в виде многоугольника и подсчитанная площадь при помощи программы Google Earth Pro (рис. 2). При нахождении торфяного месторождения фиксируются географические координаты примерного центра болота с округлением до секунд, и эти данные заносятся в информационную таблицу. Знак «–» в таблице означает, что площадь месторождения в границах промышленной залежи менее 10 га и для него скриншот

космического снимка не выполнялся.



Рисунок 1. Местоположение торфяного месторождения «Батюшковское» в Дмитровском районе Московской области.



Рисунок 2. Торфяное месторождение Котовский Мох в Бельском районе Тверской области.

С учетом требований Инструкции по разведке торфяных месторождений СССР (1983 г.) [2], Дополнений и изменения к Инструкции [3], Разъяснений к основным требованиям при установлении категорий изученности запасов и ресурсов торфа (1985 г.) и Классификации видов и категорий торфяного сырья [4] в кадастре предусмотрены гиперссылки на файлы, в которых описаны категории торфяного сырья на этих болотах.

*Заключение.* При заинтересованности торфодобывающей или торфоперерабатывающей компании в конкретном торфяном сырье в электронном кадастре производится поиск соответствующих категорий сырья, и далее сотрудники Восточно-Европейского института торфяного дела смогут оценить экологические и инвестиционные риски при разработке данного торфяного месторождения и при благоприятном прогнозе запроектировать его разработку и выпуск соответствующих видов торфяной продукции.

### **Список литературы**

1. Женихов, Ю.Н. Торфяные ресурсы Тверской области: сохранение, использование и возобновление) [Текст]: монография / Ю.Н. Женихов, В.И. Суворов, В.В. Панов. 2-е изд., перераб. и доп. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 116 с.
2. Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР // Мин. геологии СССР. – Москва, 1983.
3. Дополнения и Изменения к Инструкции по разведке торфяных месторождений СССР // Мин. геологии СССР. – Москва, 1987.
4. Лиштван, И.И. Основные свойства торфа и методы их определения [Текст] / И.И. Лиштван, Н.Т. Король. – Минск: Наука и техника, 1975. – 320 с.

### **CREATION OF ELECTRONIC CADASTRE OF PEAT DEPOSITS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT**

**Zhenikhov Yu.N., Ivanov V.N.**

*The article describes the electronic database of peat deposits of the Central Federal district. The search for information on the peat deposit can be carried out on various grounds: by administrative area, by name, by number, by type of peat deposit, by the area at the boundary of the industrial depth of peat deposits of less than 10 hectares and others.*

## СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ

Зюзин Б.Ф.<sup>1</sup>, Гамаюнов С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: pie\_tver@mail.ru

<sup>2</sup> ООО «Научно-производственное объединение «Нисаба», г. Тверь, Россия,  
e-mail: sng61@mail.ru

*Одной из основных предпосылок для эффективного развития малого торфяного бизнеса является его обеспеченность квалифицированными кадрами. Кроме того, в специальном обучении нуждаются и сами владельцы малых торфопредприятий как организаторы своего бизнеса. Работники и служащие таких торфопредприятий, находящихся часто во внегородской местности, должны иметь базовое образование, а в дальнейшем походить переподготовку по профилю своей предполагаемой деятельности и повышать свою профессиональную квалификацию в зависимости от потребности торфопредприятия в специализированных образовательных учреждениях.*

*Введение.* В современных условиях для развития малых предприятий торфяной отрасли, прежде всего, требуется увеличение количества и качества профессиональных управленцев [1]. Система подготовки кадров для предприятий малого бизнеса нуждается в эффективных адаптированных методах и инструментах управления. Однако одной из основных проблем малых предприятий является низкий уровень эффективности системы социального управления подготовкой и профессиональным развитием их кадров.

*Кадры предприятия* – совокупность работников, с которыми у данной организации заключены договорные отношения на выполнение определенных трудовых обязанностей.

*Социальные технологии подготовки кадров* – это формализованные процедуры социального воздействия по получению знаний за счет реализации алгоритмизированных действий по централизованному обучению группы людей в течение определенного периода времени.

Следует отметить, что большинство предприятий торфяной отрасли не уделяют должного внимания кадровой политике. Если где и встречается в той или иной мере профессиональное обучение (прежде всего, внутриорганизационное), то планирование карьеры и работа с резервом руководителей как средства профессионального развития персонала, а также этап определения потребностей в профессиональном развитии кадров отсутствуют практически полностью. В таких условиях роль государства, наряду с методическим обеспечением кадровой политики самого малого торфопредприятия, заключается в гарантировании возможности профессионализации каждого специалиста фирмы – через образование и трудоустройство к обеспечению доступа к профессиональной переподготовке и повышению квалификации.

*Основная часть.* Главной задачей при решении кадровой проблемы в торфяной отрасли является формирование высокопрофессиональных руководителей предприятий малого бизнеса. Нужны срочные меры по обновлению руководящего корпуса, привлечению в его состав специалистов с уровнем понимания современных проблем торфяной отрасли и методов управления, адекватных требованиям рыночной экономики. Это необходимо для того, чтобы освободившиеся должности руководителей можно было замещать, в основном, из состава, подготовленного и проверенного кадрового резерва, улучшая, коренным образом, работу по его формированию.

Малый торфяной бизнес имеет целый ряд конкурентных преимуществ перед крупным. В нем нет долгого процесса согласования управленческих решений – отсюда гибкость, способность очень быстро приспособиться к изменениям на рынке, занять востребованный потребителем сектор. Малый бизнес создает атмосферу конкуренции и ту среду, и дух предпринимательства, без которых рыночная экономика невозможна. На торфопредприятиях малого бизнеса отмечается более высокая эффективность труда, предприниматели с меньшими затратами удовлетворяют потребности в товарах на основе разработки местных природных ресурсов, а в, конечном счете, это дополнительные поступления в местные бюджеты. Для государства развитие малого бизнеса – это повышение эффективности экономики, создание новых рабочих мест без каких-либо дополнительных вложений, а также решение многих социальных проблем, что особенно важно для внегородской местности.

Малое предпринимательство характеризуется обязательным наличием инновационного момента – будь то производство нового товара, смена профиля деятельности или основание нового предприятия [1, 2]. Новая система управления производством, качеством, внедрение новых методов организации производства или новых технологий – это тоже инновационные возможности повышения организационной активности. Инновационность для малого бизнеса это неотъемлемая и необходимая часть, существенный признак для создания и дальнейшего развития предприятия [3].

Большинство малых предприятий в торфяной отрасли действуют крайне неэффективно. Это объясняется, как объективными отраслевыми особенностями (низкий уровень прибыльности производства, зависимость объемов производства от природно-климатических условий и связанный с этим высокий уровень затрат, длительный срок окупаемости и т. д.), так и слабой государственной поддержкой малых предприятий, повсеместно сохраняющимися административными и бюрократическими барьерами. В сложившихся экономических условиях субъекты малого предпринимательства являются крайне незащищенными и не устойчивыми в функционировании. Они проигрывают в обеспеченности

ресурсами, возможностях экономического влияния и лоббировании своих интересов, организации рекламной деятельности, наличии свободного капитала и др. [4].

Важнейшими условиями повышения экономической эффективности функционирования малых предприятий по производству и выпуску торфяной продукции являются установление рациональных параметров их производственных структур, правильный выбор специализации переработки торфа и направления развития в зависимости от природно-экономических факторов и складывающейся конъюнктуры рынка.

В этих условиях эффективность региональной научно-технической политики в значительной степени зависит от того, насколько правильно выбраны ориентиры развития, каковы механизмы выбора технологических приоритетов и какие инструменты используются для их реализации.

Вследствие того, что развитие малых предприятий в торфяном бизнесе имеет свою специфику, укреплять кадровый потенциал таких фирм необходимо посредством профессионального развития сотрудников и привлечения квалифицированных специалистов из других отраслей (например, сельскохозяйственной), а также создания оптимальных условий для их эффективной работы.

Таким образом, в настоящее время одной из главных задач также является обеспечение малых торфопредприятий квалифицированными рабочими кадрами, подготовка которых велась в свое время в профессионально-технических училищах. Сейчас, как известно, выпуск профессиональных рабочих для торфяной отрасли полностью отсутствует. Поэтому многие торфопредприятия ощущают острый дефицит в машинистах торфяных машин, экскаваторщиках, слесарях и других производственных рабочих. Значительно ухудшился за последние годы и квалификационный состав рабочих кадров. Острейшей проблемой остается их трудоустройство и закрепление на малых торфопредприятиях.

Большая роль в решении обозначенных выше кадровых проблем торфопредприятий, особенно в обучении низшего звена управленцев, повышении профессионального уровня руководителей и специалистов, в подготовке их резерва отводится образовательным учреждениям. Важно отметить, что технологии формирования традиций подготовки персонала представляют собой поэтапное регламентирование процесса формирования социального и культурного наследия, воспроизводящегося в течение длительного времени. В системе подготовки кадров малого торфопредприятия в качестве традиций выступают определенные культурные образцы, институты, нормы, ценности, обычаи и т.д.

Качество подготовки специалистов находится в прямой зависимости от условий, которые создаются в регионе для раскрытия и использования системы подготовки потенциальных возможностей и способностей работников малых торфопредприятий в процессе трудовой деятельности. Важнейшими качествами специалиста становятся профессиональная гибкость и мобильность, готовность учиться на протяжении всей жизни. Здесь на передний план должно выходить обеспечение качества образования на основе сохранения его фундаментальности и непрерывности, соответствия перспективным потребностям личности, общества и государства.

Обострение конкуренции на рынке образовательных услуг позволяет сделать предположение о существенном сдвиге приоритетов конкуренции в сторону неценовых преимуществ. Формирование гибкой системы непрерывного образования, основанной на использовании компетентностного подхода, следует рассматривать как основное условие высокого качества профессиональной подготовки. В этой связи предлагается создать в структуре существующих учебных заведений обособленных специализированных подразделений, основной задачей которых будет являться обучение по программам профессиональной подготовки, переподготовки, повышения квалификации кадров и аттестации сотрудников предприятий торфяной отрасли на соответствие занимаемых должностей.

Необходимым условием решения кадровой проблемы на малых предприятиях торфяной отрасли является постоянное совершенствование учебного процесса. Программы обучения должны обеспечивать формирование специалистов нового типа, способных решать не только текущие проблемы, но и стратегически мыслить, применять инновационные технологии в развитии предприятия. Основной задачей этой системы будет являться формирование эффективного кадрового потенциала малого предпринимательства, подготовка специалистов для торфопредприятий, способных выполнять работу на высокотехнологичном оборудовании, а также активно участвовать в их технической модернизации [4].

Использование современных образовательных стандартов должно сопровождаться реорганизацией учебного процесса на разных уровнях образования и преемственностью между ступенями образовательной системы. При этом на каждом уровне образования обучающемуся должна быть предоставлена возможность выбора индивидуальной образовательной и карьерной траектории. От уровня развития профессионально-квалификационного потенциала коллектива торфопредприятия зависит успешное решение важнейших производственно-экономических и социальных задач, стоящих перед ним. Однако остаются нерешенные вопросы обеспечения преемственности образовательных структур,

содержания, форм и способов осуществления непрерывного образования на разных этапах единого образовательного пространства.

Возникает проблема поиска и реального обеспечения механизмов развития системы непрерывного образования. Основной целью такой системы должно быть выяснение особенностей самого процесса обучения человека в различные периоды жизни, его мотивация, развитие интересов и потребностей. Требуется разработка нового, системного подхода к обучению, органично сочетающего уровни среднего, высшего профессионального и дополнительного образования на основе подхода по компетенциям, как инструмента повышения качества [5]. Поэтому понятие непрерывного образования предполагает создание единой целостной системы, обеспечивающей возможности для удовлетворения образовательных запросов каждой личности.

Задачи развития системы образования в сфере торфяного дела предлагается решать путем консолидации интеллектуальных, финансовых и материальных ресурсов в рамках саморазвивающихся организационных структур, таких, например, как ассоциации, союзы, учебно-производственные комплексы, технопарки и др. Формирование профессиональной компетентности будущих специалистов требует внедрения в образовательных учреждениях новых педагогических технологий, реализуемых в условиях интеграции науки и производства. Состояние кадрового потенциала торфяной отрасли требуют новых подходов в решении вопросов по созданию единых учебно-научно-производственных комплексов.

Анализ особенностей подготовки квалифицированных кадров для малых предприятий торфяной отрасли выявил потребность работодателей в конкурентоспособных специалистах и недостаточно проработанным механизмом их участия в разработке профессиональных образовательных программ, в образовательном процессе и оценке его качества.

Степень готовности к сотрудничеству и уровень знаний, необходимый при организации партнерства между образовательными учреждениями и бизнесом, требует от руководителей малых предприятий достаточно высокого уровня стратегического мышления. Этот процесс можно активизировать, если в такой союзной системе помимо производственных связей будет постоянно функционировать не только система подготовки, но и переподготовки, а также повышения квалификации кадров для участников заинтересованной стороны.

Важными факторами успешного развития малых предприятий торфяной отрасли являются внедрение в производство достижений научно-технического прогресса, ресурсосберегающих технологий и развитие инновационно-инвестиционной деятельности. Большая роль в этом будет принадлежать специализированным центрам. Основными их задачами будут являться: обеспечение информационного обслуживания, консультирование и обучение специалистов, руководителей торфопредприятий; расширение потока информации



для производителей товаров на основе торфа по экономическим, техническим, технологическим, правовым и организационным аспектам, по проблемам развития новых видов бизнеса и пр.

За счет технических и организационно-управленческих инноваций малые предприятия торфяной отрасли в различных регионах страны создают и удерживают ключевые компетенции (знания, навыки, связи и др.), которые определяют их конкурентные преимущества. Другая составляющая успешного развития малых предприятий торфяной отрасли в большей степени определяется эффективностью практического воплощения в жизнь личностных характеристик их работников, специалистов и руководителей: уровня образования и профессиональной компетенции, способности к предпринимательству и инициативы, состояния здоровья и возраста, интеллектуальных и социальных качеств человека.

Качество подготовки специалистов находится в прямой зависимости от условий, которые создаются в регионе для раскрытия и использования системы подготовки потенциальных возможностей и способностей работников торфопредприятий в процессе трудовой деятельности. Важнейшими качествами специалиста становятся профессиональная гибкость и мобильность, готовность учиться на протяжении всей жизни. Одной из главных задач является обеспечение качества образования на основе сохранения его фундаментальности и непрерывности, соответствия перспективным потребностям личности и общества. От уровня развития профессионально-квалификационного потенциала коллектива торфопредприятия зависит успешное решение важнейших производственно-экономических и социальных задач, стоящих перед ним.

Задачи развития системы современного образования специалистов торфяной отрасли необходимо решать путем консолидации интеллектуальных, финансовых и материальных ресурсов в рамках саморазвивающихся организационных структур, таких, например, как ассоциации, союзы, учебно-производственные комплексы, технопарки и др. Формирование профессиональной компетентности будущих специалистов требует внедрения в образовательные учреждения, связанных с подготовкой специалистов торфяной отрасли новых педагогических технологий, реализуемых в условиях интеграции образования, науки и производства.

Необходимы специально подготовленные партнеры по оказанию достаточно новой на промышленном рынке услуге – доведение до ума практически любого продукта, включающее в себя совершенствование технической части продукта, дальнейшее позиционирование, а также комплекс маркетинговых мер по выведению его на рынок. Поэтому стратегия устойчивого развития малого предпринимательства в торфяной отрасли должна

ориентироваться на более эффективную маркетинговую деятельность субъектов посредством формирования горизонтальных кооперативных структур в малом торфяном бизнесе.

На некоторых успешных торфопредприятиях, которые приняли на вооружение современные тренды менеджмента, уже трудятся менеджеры по продукту, которые совместно с подразделением маркетинга и занимаются усовершенствованием существующих товаров и готовят базу для выпуска новых продуктов. Хороший менеджер по продукту должен уметь работать с большим объемом различной информации, оперативно ее анализировать, делать выводы и принимать решения, а также обладать системным мышлением и аналитическим складом ума. Он должен уметь грамотно наладить обмен всей необходимой информацией по продукту между участвующими в процессе подразделениями: отделами маркетинга, разработки, производства, логистики, продаж, финансовым. Как показывает практика, обычно это большей частью технические специалисты смежных отраслей, развившие собственные маркетинговые навыки.

*Заключение.* Изложенные материалы не претендуют на исчерпывающее решение рассматриваемой проблемы. Необходима дальнейшая научная проработка системы подготовки квалифицированных кадров для малых предприятий торфяной отрасли и исследование влияния различных факторов, оказывающих воздействие на качество подготовки: интеграция образовательной среды регионов, применение современных педагогических технологий и дальнейшее развитие форм государственно-частного партнерства.

Таким образом, состояние кадрового потенциала многих малых предприятий по производству и переработке торфа требуют новых подходов в решении вопросов по созданию единых учебно-научно-производственных комплексов, которые легли бы в основу образовательной инфраструктуры торфяной отрасли на основе частно-государственного партнерства. Необходимо создавать специализированные центры, которые будут осуществлять разработку практических шагов к созданию структур и технологий, реализующих инновационные идеи в этом направлении для удовлетворения потребности малых предприятий по производству и переработке торфа в высококвалифицированных кадрах.

### Список литературы

1. Панов, В.В. Тенденции развития торфяной отрасли России / В.В. Панов, О.С. Мисников // Горный журнал. – 2015. – № 7. – С. 108–112.
2. Ильчиков, М.З. Проблемы инновационного развития экономики России. Теоретические аспекты: монография / М.З. Ильчиков. – М.: КНОРУС, 2014. – 122 с.
3. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З. Мильнера. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 624 с.
4. Гамаюнов, С.Н. Пути эффективного управления бизнесом на предприятиях торфяной отрасли: монография / С.Н. Гамаюнов, Б.Ф. Зюзин. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 128 с.
5. Мисников, О.С. Московская горная академия и развитие высшего образования в области торфяного дела / О.С. Мисников, Л.В. Копенкина // Горный журнал. – 2018. – № 4. – С. 15–19.

### STRATEGY OF FORMATION OF SYSTEM OF TRAINING FOR SMALL BUSINESS IN PEAT BRANCH

**Zyuzin B.F., Gamayunov S.N.**

*One of the main prerequisites for effective development of small peat business is its security with qualified personnel. Besides, owners of small peat enterprise as organizers of the business also need special training. Workers and employees of such peat enterprise, which are often in the suburban district, have to have basic education and further walk retraining on a profile of the alleged activity and improve the professional skills depending on requirement a peat enterprise in specialized educational institutions.*

## ИЗ ПРОШЛОГО ЗАГЛЯНЕМ В БУДУЩЕЕ (ПЕРСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЙ БОЛОТ, КАК ЭТО ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ)

**Инишева Л.И.**

**Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия,  
e-mail: inisheva@mail.ru**

*Прошлое в истории изучения болот, это результаты работ болотоведов и торфоведов ХХ века, исследования которых базировались на внимательном наблюдении за природой образования болот и их изучением в соответствии с методами того времени. Это фундаментальные работы ученых того времени, без которых мы не можем обойтись, на результатах которых мы основываемся в своих исследованиях, на статьи которых ссылаемся, оценивая свои результаты и которые еще совсем недавно занимали передовые позиции в мировом болотоведении и торфоведении. (Сукачев В.Н., Богдановская-Гизнеф И.Д., Боч М.С., Галкина Е.А., Пьявченко Н.И., Глебов Ф.З., Иванов К.Е., Романов В.В., Кац Н.Я., Нейштадт М.И., Тюремнов С.М. и др.).*

*Введение.* За последние 30 лет мы очень незначительно продвинулись в направлении изучения болот. Если даже учесть, что эти годы многие ученые занимались исследованием болот с позиций выделения из них парниковых газов, то и в этом случае далеко не на все вопросы получены ответы на возникшие вопросы, в том числе и в связи с изменением климата. В последнем случае это можно объяснить разрозненностью ученых, занимающихся исследованиями болот. В результате все работают по мере своих сил и возможностей, решая конкретные задачи, которые трудно объединяются в одну теорию и результат, вследствие использования разных методов, объектов и оборудования. Кстати попутно вспомним определение термина болото. Болото это участок земной поверхности, для которого характерно постоянное застойное увлажнение и, как следствие, дефицит кислорода, формирование специфической растительности гигрофитов с приспособлениями к гипоксии, накопление частично разложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в торф, слоем не менее 30 см. При глубине торфа менее 30 см участок относится к заболоченным землям.

Осознавая, что Земля с ее биосферой, жизнью и человечеством является уникальным образованием в бесконечных пространствах космоса, обратимся к тем очень далеким временам, когда начался эволюционный биологический процесс, приводивший к появлению все новых организмов и их усложнению (4 млрд. лет назад). Болота приняли огромное участие в глобальной биосферной функции – формировании кислородсодержащего состава газовой оболочки планеты и выходе организмов из водной среды на сушу. И происходило это на протяжении 3-х периодов эволюции биосферы – гидроземный («гидро» - вода), атмоземный («атмо» – означает атмосферу) и литоземный («литос» - порода).

**Гидроземный период** был самый продолжительный – более 3 млрд. лет, начиная от докембрия и до середины девона (рис. 1). Это был период господства океана. Возникновение жизни и эволюция первого органического мира протекали в океане.

Укоренившиеся на дне океана водоросли и другие растения способствовали накоплению под водой богатых органических почв. В атмосфере Земли появляется кислород.

Эра	Геологический период	Начало периодов, млн. лет	Периоды эволюции биосферы	Отложения твердых каустобиолитов
Кайнозойская	Антропоген	2		Бурый торф
	Неоген	25		
	Палеоген	67		
Мезозойская	Мел	137	Литоземный	Каменный уголь
	Юра	195		
	Триас	230		
Палеозойская	Перм	285	Атмосемный	Антрацит
	Карбон	350		
	Девон	406	Гидроземный	
	Силур	440		
	Ордовик	500		
	Кембрий	570		
Докембрий		570		

Рисунок 1. Геохронология эволюции биосферы и отложений твердых углеводородов – каустобиолитов [1].

**Атмосемный период.** Это время адаптации организмов к условиям воздушного окружения. Его продолжительность составила около 175 млн. лет. Для данного отрезка времени характерны резкие эволюционные преобразования флоры и фауны. Появляются и достигают господства папоротникообразные и голосеменные которые создавали огромную наземную фитомассу. Утилизация их органического вещества проявилась в залежах каменного угля.

Выход растений из водной среды на сушу сопровождался выработкой соответствующих приспособлений. Болота, содержащие 80-90 % воды и 20-10 % сухого вещества и выполнили роль переходного моста, по которому растения вышли из воды на сушу, окруженную кислородом и перешли к литосферной оболочке суши. Таким образом, благодаря болотному почвообразованию растения эволюционно были подготовлены к переселению на литосферную оболочку суши. Образно говоря, современный мир вышел из болот.

В настоящее время болота и торфяные залежи – молодые образования, возникшие уже после ледниковой эпохи, в голоцене. Нижняя граница голоцена определяется в 12 тыс. лет назад. Например, на территории Западно-Сибирской равнины в силу геологического строения и природных условий в этот период шли интенсивные процессы заболачивания и торфообразования (рис. 2). Наибольшая заторфованность территории в Западной Сибири составляет в среднем 19,5 %. Наиболее древние центры заболачивания находятся в зоне тайги.

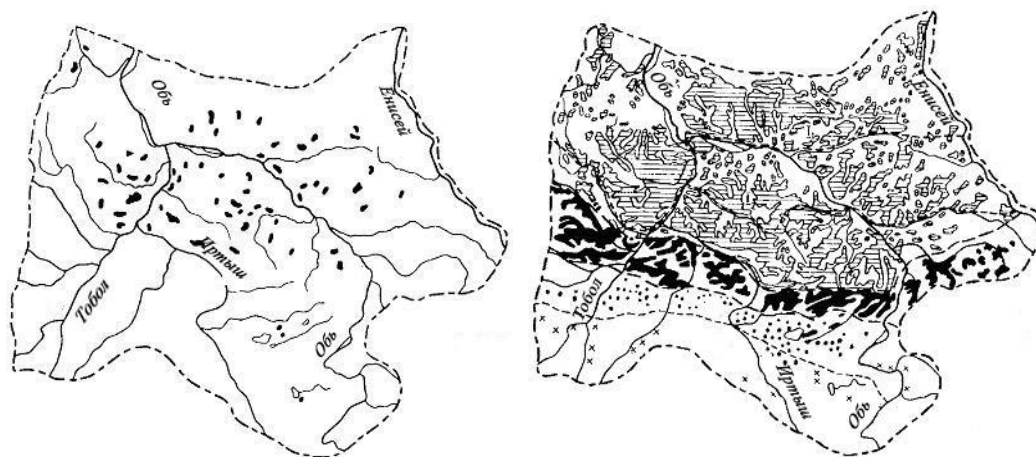


Рисунок 2. Размещение болот в центральной части Западной Сибири в бореальном (9500-8000 лет назад и субатлантическом периодах - 2500 лет назад по настоящее время [2].

В сохранении единства и взаимопонимания между человеком и биосферой болотным экосистемам принадлежит большая роль. Так, например, было установлено, что высокая величина радиационного баланса болот в средней и северной тайге Западной Сибири препятствует смещению границы распространения зоны вечной мерзлоты южнее Сибирских Увалов. А в летние месяцы с заболоченной территории Западной Сибири выносятся более 300 км<sup>3</sup> испарившейся влаги на территорию Восточной Сибири и Казахстана. Кроме того, болота обеспечивают сохранение генофонда редких, в том числе не встречающихся нигде видов животных, птиц и растений.

И если раньше болота преимущественно изучались ботаниками и болотоведами, как развивающиеся во времени БГЦ, то на протяжении последних лет болотами интересуются разные специалисты – гидрологи, географы, почвоведы, биологи разных направлений. И это благодаря возникшей проблеме парниковых газов в современных условиях климата. В результате отдельные составляющие углеродного цикла подробно изучены.

Остановимся на вопросах, которые будут представлять интерес для молодых исследователей в будущем. Например, вопрос оценки запасов углерода в болотных экосистемах. Площадь торфяных месторождений (торфяное месторождение – геологическое образование, состоящее из напластований видов торфа, имеющих промышленную залежь торфа) по Государственному балансу торфа оценивается в 48,8 млн. га. Примерно на этот же период земельный фонд России оценён в 1709,8 млн. га; из них болотами занято 140,8 млн. га, что составляет более 8 % территории страны. Разночтения в понятиях торфяные месторождения, торфяные болота, заболоченные земли проявляются в дальнейшем расхождении в количественных оценках площадей болот и соответственно запасов углерода. Согласно же С.Э. Вомперскому [3] в России имеется 139 млн. га болот (слой торфа более 30 см). Площадь заболоченных земель (со слоем торфа до 30 см) при этом составляет

230 млн. га. Вместе болотные и заболоченные оторфованные земли имеют площадь 369,1 млн. га, или 21 % территории страны. В последнее время в условиях доступности результатов космосъемки молодые ученые стремятся каждый по своему уточнять площади болот на разных территориях. Поэтому площади болот, по видимому, еще долго будут разными. Конечно, целесообразным видится наличие единого торфяного фонда, которым должны заниматься профессионально ориентированные организации и специалисты. Возможна также организация межведомственной координации по согласованию решений относительно торфяных болот России, как это хорошо обосновано в работе авторов [4]. Тогда появилась бы возможность получить точное значение запасов углерода в торфяных болотах. Сейчас же в связи с доступностью космоснимков размах площадей болот и запасов углерода в них меняется в зависимости от исследователя и его возможностей.

Такие разночтения по запасам углерода в торфах даже одной территории связаны не только с разными понятиями о торфяных болотах у разных специалистов, но и в том числе с методическими вопросами определения плотности сложения по профилю торфяной залежи (ТЗ). Есть хороший метод ее определения с помощью больших колец [5]. Но этот метод применяется для мелиорируемых торфяных почв, на которых уровень залегания болотных вод позволяет его использовать. Часто исследователи (в том числе и иностранные) для определения плотности сложения используют пробоотборочный торфяной бур. Однако этот метод дает большую ошибку, так как, расправляя образец торфа после его подъема из скважины, получаем каждый раз субъективные показатели. Существует торфяной бур для отбора образцов с ненарушенным сложением, но на большую глубину его использование маловероятно и это связано не только с физической трудностью, но и невозможностью отбора проб в слоях, насыщенным влагой и в слоях с малой степенью разложения торфа. Поэтому часто прибегают к расчетной величине объемной массы [6] что достаточно грубо и пригодно лишь для ориентировочной оценки, например, запасов торфа. Вместе с тем величина плотности сложения необходима при расчетах многих показателей: микробной биомассы, запасов разных элементов в ТЗ. Пока этот вопрос также не решен.

Хотелось бы привлечь внимание молодежи еще к одному вопросу. Исследованиями многих ученых [7 и др.] и нами в том числе [8] доказано, что выделение активного и инертного слоев в ТЗ совершенно справедливо для характеристики водного режима. Что касается ТЗ в целом, она биологически активна по всей глубине до подстилающих пород и облигатно анаэробных условий в профиле ТЗ не существует. Специфической особенностью водного режима болотных экосистем является состояние затопления. Несмотря на это, в профиле ТЗ всегда присутствует свободный кислород, который поступает в нее, в том числе и в результате происходящих в ней биохимических процессов.

Надо полагать, ТЗ в своем составе практически всегда имеют газовую фазу, содержащую кроме углеродных парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ), также свободный кислород. Например, известно, что содержание кислорода в ТЗ изменяется от 65–80 до 100–150 г/м<sup>3</sup>, или 5–11 % по объему [9]. Этому благоприятствует и физико-механическая структура формирующейся ТЗ. В процессе торфообразования. При образовании торфа растения после отмирания попадают в сильно увлажненную среду и частично разлагаются. При этом образуются вещества твердых высокополимеров целлюлозной природы и другие высокомолекулярные продукты распада разного состава. Все это переплетается (включая минеральные вещества и водный раствор низко- и высокомолекулярных веществ), образуя в ТЗ макро- и микроструктуры. Микроструктуры торфа дают надмолекулярные образования соединений, которые могут переходить в ассоциаты и образуют структуры разной компактности.

Среди других факторов, подтверждающих образование кислорода в ТЗ, рассмотрим, например, активность каталазы. Под ее воздействием происходит расщепление перекиси водорода, образующейся в результате других реакций, на воду и свободный кислород. Приведем еще пример в доказательство присутствия в ТЗ аэробных условий. Теоретически, при высокой обводненности полифенолоксидазная активность снижается, так как окисление фенолов может происходить только в присутствии кислорода. Высказывается точка зрения [10] согласно которой конденсированные формы фенольных соединений, накапливающиеся в анаэробных условиях, являются ингибиторами различных энзимов. Экспериментально же доказано, что при усилении аэрации фенолоксидазная активность увеличивается в 7 раз. Следовательно, наблюдаемые в наших исследованиях высокие значения полифенолоксидазной активности в ТЗ также свидетельствуют об отсутствии в залежах облигатных анаэробных условий [11].

Таким образом, в торфяном профиле формируется микрозональность аэробно-анаэробных условий. Наличие кислорода в затопленной ТЗ объясняется протекающими здесь биохимическими процессами, ботаническим составом торфов, макро- и микроструктурой ТЗ. В результате, затопление с поверхности не создает облигатно анаэробных условий в ТЗ. Каждый нарастающий слой, оказываясь под экранирующим водным слоем, в силу физических свойств сохраняет кислород в микроагрегатах и далее производит его еще за счет биохимических процессов, что обосновывается и другими авторами [12]

Следует отметить, что изучение ферментов весьма перспективно, так как профильное функционирование системы «растения-торфообразователи – биохимические активаторы – болотная поровая вода» позволяет глубже понять природу разрушения органических веществ торфов и предсказать их биологическую сработку. Это направление – энзимология – в последние годы развивалось особенно успешно. Более ранними исследованиями было



выяснено, что активность ферментов является даже более устойчивым и чувствительным показателем биологической активности, чем интенсивность микробиологических процессов. Трансформация органических веществ, мобилизация элементов питания в зоне гипергенеза осуществляются с помощью ферментов, как выделяемых в данный момент живыми организмами, так и находящихся в ТЗ в адсорбированном состоянии, поэтому определение активности ферментов даёт полное представление о биологическом состоянии ТЗ. Использование ферментативного метода биологической диагностики предопределено также тем, что определение ферментативности ферментов менее трудоёмкое и имеет большую точность: (для гидролаз – до 3-5 %, оксидоредуктаз – 7-10 %). Ко всему прочему эти методы достаточно устойчивые и чувствительные. Не стоит забывать и о том, что ферменты играют особую роль в преобразовании органических веществ, что немаловажно при изучении процессов в органогенном торфяном профиле [13].

Кстати по поводу изучения процессов в залежи торфяных болот. Сейчас молодые ученые разных направлений очень активно изучают непосредственно торфа. Хотелось бы обратить их внимание, что изучение важно проводить в соответствии с ботаническим составом ТЗ, обязательно на всю ее глубину, а не только верхнего полуметрового или метрового слоя и важно указывать координаты отбора образцов. Особенно это относится к исследователям-химикам, которые проводят обширные химические анализы, рекомендуют направления использования проанализированных ими образцов, но не обозначают наличие достаточной сырьевой базы под продукцию, которую они рекомендуют. Напомним, что под ботаническим составом торфа подразумевается совокупное сочетание всех ископаемых растений, на основе которого можно установить исходный фитоценоз, выяснить его генезис и химический состав.

Большое внимание в настоящее время уделяется изучению в торфяных болотах углеродного баланса. Оценка пулов и потоков углерода между составляющими компонентами болотной экосистемы, а также с внешней средой – очень важная фундаментальная и практическая задача, без разрешения которой нельзя оценить современную биосферную роль болот и составить прогноз их изменения в будущем. Это многофункциональная проблема, в которой все объять невозможно. Хотелось бы остановиться на недостатках точечных измерений эмиссии газов на территории, которые к тому же делаются разово в разные суточные, сезонные и годовые временные периоды и сравнение которых между собой представляется сомнительным. В связи с этим хотелось бы напомнить о важности стационарных исследований. Чтобы получить результаты исследований, слагающиеся в единую теорию объяснения сложных биосферных процессов в болотных экосистемах, необходимы длительные целенаправленные стационарные исследования. Это должны быть комплексные исследования, охватывающие широкий круг вопросов: от изучения

средообразующей роли болот до свойств торфов, слагающих ТЗ и влияющих на круговорот элементов в биосфере. И они должны проводиться по одним и тем же методикам на определенных ландшафтах и территориях РФ в один и тот же временной интервал. Как тут не вспомнить осуществляемые когда то на всей территории Советского Союза программы МБП (международная биологическая программа), которая была проведена именно по такому принципу.

Интересующихся методическими особенностями составляющих углеродного баланса в болотах отсылаем к литературным источникам, в которых эти вопросы рассматриваются [14, 15, 16 и др.].

Все, что выше сказано – это очень немного. В это послание много больше могут добавить ботаники, экологи, лесники, разведчики недр, технологи добычи и переработки болотных образований и профессионалы других направлений, имеющих дело с болотами, так как торфяные болота – это одновременно производственный ресурс, элемент ландшафта, сельскохозяйственные и лесные угодья, гидрологические объекты и охраняемые территории.

В настоящее время Россия стоит перед выбором пути своего развития, и в том числе, перед необходимостью усиления территориального аспекта в управлении хозяйством, когда каждая территориальная часть страны является основой решения социально-экономических проблем общества. Под составляющими территории понимается, в том числе, природный ресурсно-сырьевой потенциал. К ценным природным ресурсам Сибири относятся запасы сапропелей, торфовивианитов, мергелей и торфа. Спектр изучения их проблем необозрим. Но денег в РФ всегда не хватает и желательно исследования сконцентрировать там, где имеются кадровые резервы и так, чтобы был практический результат. Во главе таких работ поставить молодых профессионалов, которые выросли из лона торфяных Школ, а Учителя им всегда подскажут. К сожалению, бывает и так - есть база, но у руководителей проекта нет соответствующей компетенции, и работы осуществляются, как это представляется в каждом конкретном случае. Какие могут быть результаты?

### Список литературы

1. Бахнов, В.К. Почвообразование (взгляд в прошлое и настоящее). – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2000. – 114 с.
2. Лисс, О.Л., Абрамова, Л.И., Аветов, Н.А., Березина, Н.А., Инишева, Л.И., Курнишкова, Т.В., Слука, З.А., Толпышева, Т.Ю., Шведчикова, Н.К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение – Тула.: Гриф и К°, 2001. – 584 с.
3. Вомперский, С.Э., Иванов, А.И., Цыганова, О.П., Валяева, Н.А., Глухова, Т.А., Дубинин, А.И., Глухов, А.И., Маркелова, Л.Г. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. – 1994. – № 12. – С. 17–25.
4. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / Под ред. А.А. Сирина и Т.Ю. Минеевой. – М.: Геос., 2001. – 190 с.
5. Зайдельман, Ф.Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв. – М.: Колос, 2008. – 486 с.
6. Сидякин, С.А. Организация учета кускового торфа. – М.-Л.: ГОНТИ. Ред. горно-топл. лит., 1935. – 168 с.

7. Александров, Б.М., Шампаров, А.Г. Взаимосвязь общетехнических и физических свойств торфа в условиях естественного залегания // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 6. – С. 48–55.
8. Добровольская, Т.Г., Головченко, А.В., Звягинцев Д.Г., Инишева Л.И., Кураков, А.В., Смагин А.В., Зенова Г.М., [и др.] Функционирование микробных комплексов в верховых торфяниках. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 128 с.
9. Clymo, R.S., Bryant, C.L. [et al.] Diffusion and mass flow of peat gases (CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>) and dissolved organic carbon (DOC) in a 7-m deep raised bog // West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present. – Khanty-Vmansiysk-Tomsk: NTL, 2007. – P. 14–15.
10. Inisheva. L.I., Szajdak. L., Sergeeva. M.A. Dynamics of Biochemical Processes and Redox Conditions in Geochemically Linked Landscapes of Oligotrophic Bogs // Eurasian Soil Science. – 2016. – Vol. 49, N 4. – P. 466–474.
11. Смагин, А.В. Почвенно-гидрофизическое обеспечение исследований газовой функции западносибирских болот в связи с проблемой парникового эффекта // Экологический Вестник Сев. Кавказа. – 2007. – Т. 3. – № 3. – С. 46–58.
12. Freeman, C., Ostle, N.J., Fenner, N., Kang, H. A regulator role for phenol oxidase during decomposition in peatlands // Soil Biol. Biochem. – 2004. – Vol. 36 (10). – P. 1663–1667.
13. Ling, He., Xiang, Wu, Xinating Sun. Effects of Temperature and Water Level Changes on Enzyme Activities in Two Typical Peatlands: Implications for the Responses of Carbon Cycling in Peatland to Global Climate Change // International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. – Wuhan, China, 2009. – P. 18–22.
14. Инишева, Л.И., Шайдак, Л., Сергеева, М.А. Динамика биохимических процессов и окислительно-восстановительных условий в геохимически сопряженных ландшафтов олиготрофных болот. // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 505–513.
15. Волярович, М.П., Лиштван, И.И., Терентьев, А.А. Состояние высокодисперсной фракции торфа по электронномикроскопическим данным // Коллоидный журнал. – 1969. - № 3. – Вып. 2.
16. Алиев, С.А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почвы. – Баку: Изд-во ЭЛМ, 1978. – 252 с.
17. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005.
18. Инишева, Л.И., Ивлева, С.Н., Щербакова, Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. – Томск: Изд-во Томск.ун-та, 2003. – 122 с.
19. Вомперский, С.Э. Функциональная биогеоценология как основа оценок биосферной роли лесов и болот. // Болота и биосфера: Материалы УП Всероссийской с международным участием научной школы (13-15 сентября 2010. г. Томск). – Томск: изд-во Томского государственного педагогического университета. – С. 24–31.

## **FROM THE PAST LOOK FORWARD TO THE FUTURE (PERSPECTIVE OF THE INVESTIGATIONS OF THE MIRES AS THAT IS IMAGINE)**

**Inisheva L.I.**

*The past in the history of the study of swamps is the results of the swamp scientists and peatologists of the 20th centur. This research was based on careful observation for the nature of the peat formation and their study in accordance with the methods of those time. The fundamental work of scientists of those time, without which we can not do, which we rely on in our studies, to which we refer, evaluating our result. More recently, these works occupied a leading position in the world peatland science and science about peats.*

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЯДА ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ АЛТАЙСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ

Ларина Г.В.<sup>1</sup>, Шурова М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия, e-mail: gal29977787@yandex.ru

<sup>2</sup> Горно-Алтайский НИИСХ – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», с. Майма, Республика Алтай, Россия, e-mail: imergen@yandex.ru

*В статье представлены результаты исследования содержания и распределения Си, Zn, Pb, Mn, Mo, Co, Cd в верховых, переходных и низинных торфах различных регионов Алтайской горной области. Выявлены диапазоны варьирования и средние содержания микроэлементов в торфах различных регионов Алтайской горной области. Сделана попытка геохимической оценки элементного состава горных торфов.*

*Введение.* Ученые и специалисты определяют торф как полуколлоидно-высокомолекулярную полифракционную гидрофильную систему с признаками полиэлектролитов и микромозаичной гетерогенности [1]. Соответственно этому состав и свойства торфов изменяются в широких пределах, что определяется многообразием растений-торфообразователей, уровнем распада органических веществ (ОВ), условиями торфонакопления, геоморфологическими условиями залегания [2].

Заболачивание долин рек особенно характерно для Северо-Восточного Алтая и связано с большим количеством выпадающих осадков. В этом регионе в почвенном покрове лесного пояса отмечается участие болотного типа почвообразования. Образование болот на вершинах хребтов в большинстве случаев связано с постепенным зарастанием и заторфовыванием остаточных послеледниковых водоемов. Развитию болотообразовательных процессов в высокогорных степных долинах благоприятствует наличие горизонта вечномерзлого грунта, располагающегося на сравнительно небольшом расстоянии от поверхности [3].

Учеными обстоятельно исследованы почвы Алтайской горной области [4-8], выявлен ряд характерных генетических особенностей основных типов горных почв, показана специфика их физико-химических и биологических свойств, процессов почвообразования.

Вертикально-поясная смена различных типов почвообразования отражает изменение с высотой климата и, соответственно, растительности [8]. Так, анализ морфологии и физико-химических свойств почв Юго-Восточного Алтая позволяет заключить, что основными элементарными процессами почвообразования являются дерновый, гумусообразование, торфонакопление [9]. В связи с чем, логично предположить, что горные торфа различных типов также обладают своеобразным строением, физико-химическими свойствами и

специфичным элементным составом, существенно отличными от указанных характеристик его равнинных аналогов.

Региональные особенности горного болотообразования проявляются в низкой общей заторфованности Алтая, болота являются мелкоконтурными и характеризуются различным генезисом торфяных отложений. Ограниченность болотных образований обусловлена сложностью и многообразием физико-географических условий горной территории.

Целью проводимых исследований являлось выявление перераспределения и концентрирования ряда микроэлементов: Zn, Cu, Mo, Co, Mn и тяжелых металлов – свинца и кадмия в торфах различных агроклиматических регионов Горного Алтая: Северо-Восточном Алтае, Центральном и Юго-Восточном Алтае.

*Объекты и методы.* Определение валовых содержаний Cu, Zn, Pb, Mn, Mo, Co, Cd выполнялось методом атомно-эмиссионной спектрометрии микроволновой плазмы (МП-АЭС) в лаборатории физико-химических методов исследования ТГУ по аттестованной методике (атомно-эмиссионный спектрометр микроволновой плазмы Agilent 410, «Agilent technologies» США). Пределы обнаружения составляют для Zn – 0,5 мг/кг; для Co, Cd – 0,05 мг/кг, для Mo и Pb – 0,01 мг/кг.

*Результаты исследования и обсуждение.* Пространственное расположение и региональная специфика болотных образований Горного Алтая связаны с орографией, высотой местности, природой подстилающих пород, в совокупности оказывающих влияние на гидротермический режим горных торфяных болот. Указанное нашло отражение в перераспределении элементов Cu, Zn, Pb, Mn, Mo, Co, Cd, а также в величинах ряда физико-химических показателей горных торфов.

Обменная кислотность исследованных образцов торфа (кислотность солевой вытяжки  $pH_{KCl}$ ) изменяется в пределах 2,6-7,7. Для верховых и переходных горных торфов pH составляет 2,6-6,3; для низинных – 5,2-7,7. Для торфов европейской части России (ЕЧР) [10] интервал кислотности солевой вытяжки у переходных и верховых торфов: 2,6-5,9; у низинных торфов – 3,2-7,4. Таким образом, горные торфа менее кислые по сравнению с равнинными торфами ЕЧР.

Характерными признаками микроэлементного состава исследуемых горных торфов (табл. 1) является очень низкое содержание в них Co, Mo и Cd (ниже предела обнаружения) при различных уровнях содержания этих микроэлементов в почвах и породах Горного Алтая.

Таблица 1. Содержание биогенных элементов и токсичных металлов в почвах, почвообразующих породах и торфах Горного Алтая, мг/кг

Объекты исследования	Zn	Cu	Co	Mo	Mn	Cd	Pb
Алтайская горная область							
В, П, n=12	<u>21,43</u> <0,5-66,7	<u>18,12</u> 0-38,5	<0,05	<0,01	<u>424,46</u> 14,4-2836,0	<0,05	<u>16,61</u> <0,01-62,44
Н, n=39	<u>28,34</u> <0,5-198,7	<u>27,78</u> 10,8-44,77	<0,05	<0,01	<u>550,60</u> 21,36-1884,6	<0,05	<u>15,65</u> <0,01-54,0
Алтайская горная область [4]							
Почвообразующие породы	55,7	45,1	18,7	4,3	664,9	0,01-2,2*	19,9
Почвы	58,3	40,6	16,9	4,2	707,5	0,01-0,11	19,1
Кларк концентрации (по Виноградову, 1957 г.)							
В, П, n=12	0,26	0,39	<0,003	<0,01	0,28	< 0,004	1,04
Н, n=39	0,34	0,59	<0,003	<0,01	0,37	< 0,004	0,99

Примечание:

\* - для Cd указан интервал концентраций в почвообразующих породах Алтайской горной области по [4].

Содержание в горных торфяных болотах исследуемых биогенных элементов и тяжелых металлов отличается большой вариабельностью, разброс значений достигает для некоторых металлов двух-трех математических порядков (табл. 2). Указанное свидетельствует о резких различиях в условиях их поступления в торфяные профили, накопления металлов растениями-торфообразователями и поглощением торфяным биогеохимическим барьером.

Для геохимической оценки элементного состава торфов нами была использована разработанная В.Н. Крештаповой [13] система показателей: КК - кларк концентрации средних и максимальных содержаний, рассчитанный относительно кларков региональных почв по [4]; Р - распространенность элемента в торфе (% количество образцов, в которых элемент обнаружен, от общего количества проанализированных образцов); В - встречаемость вышекларковых содержаний (% количество образцов вышекларкового содержания от общего количества проанализированных образцов).

Верховые и переходные торфа. В целом для Горного Алтая при ограниченном количестве исследованных проб (n=13) проявляется следующая закономерность при распределении элементов по степени их концентрации в верховых и переходных торфах – таблица 3. Указанные типы торфов обогащены медью, накопление которой варьирует в широких пределах от энергичного, которое широко распространено, до слабого накопления, которое мало распространено (P < 50%).

Таблица 2. Диапазоны варьирования и средние содержания микроэлементов в торфах Алтайской горной области, мг/кг

Тип торфа	Массовая доля определяемых элементов, мг/кг						
	Zn	Cd	Cu	Co	Mo	Mn	Pb
Северо-Восточный Алтай							
В, П; n=4	<u>13,33</u> <0,5-37,74	<0,05	<u>7,65</u> <0,01-30,58	<0,05	<0,01	<u>141,87</u> 21,36-376,85	<0,01
Н, n=19	<u>33,03</u> <0,5-55,52	<0,05	<u>28,04</u> 14,81-44,77	<0,05	<0,01	<u>398,83</u> 95,38-1020,27	<0,01
Центральный Алтай							
В, П; n=5	<u>24,56</u> <0,5-59,66	<0,05	<u>20,06</u> 7,63-38,54	<0,05	<0,01	<u>539,68</u> 45,76-2835,98	<u>19,11</u> <0,01-62,44
Н, n=15	<u>24,45</u> <0,5-198,66	<0,05	<u>25,05</u> 10,82-36,73	<0,05	<0,01	<u>833,87</u> 126,63-1884,6	<u>19,79</u> <0,01-54,02
Юго-Восточный Алтай							
В, П; n=4	<0,5	<0,05	<u>18,44</u> 11,14-28,30	<0,05	<0,01	<u>54,57</u> 14,39-124,33	<u>11,38</u> <0,01-24,38
Н, (n=2)	<u>59,03</u> 51,35-66,70	<0,05	<u>37,05</u> 35,23-38,86	<0,05	<0,01	<u>290,05</u> 154,85-425,24	<0,01
Горный Алтай							
В, П, n=12	<u>21,43</u> <0,5-66,7	<0,05	<u>18,12</u> 0-38,5	<0,05	<0,01	<u>424,46</u> 14,4-2836,0	<u>16,61</u> <0,01-62,44
Н, n=39	<u>28,34</u> <0,5-198,7	<0,05	<u>27,78</u> 10,8-44,77	<0,05	<0,01	<u>550,60</u> 21,36-1884,6	<u>15,65</u> <0,01-54,0
Органо-минеральные отложения (ОМО) Юго-Восточного Алтая							
ОМО, n=4	<u>51,38</u> 38,40-59,70	<0,05	<u>29,42</u> 22,52-38,15	<0,05	<0,01	<u>702,44</u> 409,1-1155,66	<u>41,23</u> 33,47-48,82

Также энергичное накопление в верховом и переходном торфе характерно для Zn, Pb и Mn, но в отличие от меди, подобное накопление в указанных торфах мало распространено ( $P < 50\%$ ). Преобладает слабое накопление указанных элементов ( $КК < 0,1$ ) при средней степени распространенности ( $P - 50-75\%$ ) таких торфов. Верховые и переходные торфа различных агроклиматических регионов Горного Алтая характеризуются слабым накоплением Cd, Co и Mo, что является характерным для всех исследованных образцов.

Наибольшие вышекларковые содержания элементов в горных торфах выявлены нами в Центральном Алтае: кларк концентрации цинка  $КК(Zn)$  составляет 1,1;  $КК(Pb) = 1,1-3,3$ ;  $КК(Mn) = 4,0$ . В Юго-Восточном Алтае вышекларковое содержание в верховом и переходном торфе наблюдается только для Pb, которое достигает 1,1 и 1,3. В отличие от верхового и переходного торфа Центрального и Юго-Восточного Алтая в аналогичных торфах Северо-Восточного Алтая отсутствуют вышекларковые содержания указанных элементов; средние содержания в верховом и переходном торфе Zn, Cu, Mn и Pb значительно меньше (табл. 3), чем в аналогичных торфах Центрального и Юго-Восточного Алтая.

Таблица 3. Классификация элементов по степени их концентрации в верховых и переходных торфах (относительно кларков региональных почв по [4])

Распространенность элементов в верховом и переходном торфах	Накопление в торфе		
	Энергичное (КК* > 0,3)	Сильное (КК – 0,1-0,3)	Слабое (КК < 0,1)
Северо-Восточный Алтай (n=4)			
Широко распространённые (P** – 75-100 %)			Pb Cu Mn Zn Cd Co Mo
Средней степени распространённости (P – 50-75 %)	Zn		
Малораспространённые (P < 50 %)	Cu Mn	Mn	
Центральный Алтай (n=5)			
Широко распространённые (P** – 75-100 %)	Cu Zn Pb B(Zn) B(Pb)		Cd Co Mo
Средней степени распространённости (P – 50-75 %)			
Малораспространённые (P < 50 %)	Mn B(Mn)	Cu Mn	Zn Pb Mn
Юго-Восточный Алтай (n=4)			
Широко распространённые (P** – 75-100 %)	Cu		Zn Mn Cd Co Mo
Средней степени распространённости (P – 50-75 %)	Pb B(Pb)		
Малораспространённые (P < 50 %)		Mn	
Горный Алтай (n= 13)			
Широко распространённые (P** – 75-100 %)	Cu B(Cu)		Cd Co Mo
Средней степени распространённости (P – 50-75 %)	Cu		Pb Zn Mn
Малораспространённые (P < 50 %)	Zn Pb Mn B(Zn) B(Pb) B(Mn)	Cu Mn	Cu

*Примечание:*

*КК\** - кларк концентрации средних содержаний, рассчитан относительно кларков региональных почв;

*P\*\** - распространенность элемента в торфе, % от общего числа проанализированных образцов;

*B\*\*\** - встречаемость вышекларковых содержаний. % от общего числа проанализированных образцов.

Низинные торфа. В Северо-Восточном Алтае широко распространены низинные торфа, которые энергично накапливают Cu и Zn, вышекларковое содержание (КК=1,1) цинка и меди характерно для единичных образцов (табл. 4). Энергичное накопление в низинном торфе отмечается для Mn при средней степени его распространённости (P 50-75 %). Вышекларковое содержание Mn в низинном торфе составляет 1,1-1,4 (Чойский и Ыныргинский торф). Низинный торф характеризуются слабым накоплением Pb, Cd, Co и Mo, для них КК менее 0,1 при широкой распространённости P – 75-100 %.

В Центральном Алтае широко распространены н. торфа с энергичным накоплением Cu и Mn. При этом вышекларковое содержание Mn достигает 4,0. Энергичное накопление в низинных торфах цинка мало распространено в Центральном Алтае, в этом проявляется



отличие от Северо-Восточного Алтая. Только в одном образце торфа содержание цинка достигает кларка региональных почв КК (Zn) = 1,0. В торфах этого типа проявляется слабое накопление Zn (КК < 0,1), такой торф характеризуется средней степенью распространенности.

Таблица 4. Классификация элементов по степени их концентрации в низинных торфах (относительно кларков региональных почв)

Распространенность элементов в низинном торфе	Накопление в торфе		
	Энергичное (КК* > 0,3)	Сильное (КК – 0,1-0,3)	Слабое (КК < 0,1)
Северо-Восточный Алтай (n=19)			
Широкораспространенные (P** – 75-100 %)	Cu Zn B*** (Zn) B(Cu)		Pb Cd Co Mo
Средней степени распространенности (P – 50-75 %)	Mn B(Mn)		
Малораспространенные (P < 50 %)			Zn
Центральный Алтай (n=15)			
Широкораспространенные (P** – 75-100 %)	Cu Mn B(Mn)		Cd Co Mo
Средней степени распространенности (P – 50-75 %)			Zn Pb
Малораспространенные (P < 50 %)	Pb Zn B (Pb) B(Zn)	(Mn )	
Юго-Восточный Алтай (n=2)			
Широкораспространенные (P** – 75-100 %)	Zn Cu B(Zn)		Pb Cd Co Mo
Средней степени распространенности (P – 50-75 %)	(Mn )	(Mn)	
Малораспространенные (P < 50 %)			
Горный Алтай (n= 36)			
Широкораспространенные (P** – 75-100 %)	Cu Mn B(Cu) B(Mn)		Pb Cd Co Mo
Средней степени распространенности (P – 50-75 %)	Zn B (Zn)		
Малораспространенные (P < 50 %)	Pb B(Pb)	Mn	Zn

Примечание: см. примечание к таблице 3.

Особенностью низинных торфов Центрального Алтая является энергичное накопление в них Pb, при малой распространенности (7 образцов, P < 50 %): вышекларковое содержание Pb находится в интервале 1,1-3,3 (Тюгурюкский, Айгулакский, Абайский, Соузаровский и Ябоганский торф). Более характерно слабое накопление Pb в низинных торфах, которые имеют среднее распространение. В органоминеральных отложениях (ОМО) Юго-Восточного Алтая вышекларковое содержание Pb достигает максимальных значений: КК (Pb) находится в пределах 1,8-2,6, относительно средних содержаний в региональных почвах. При расчетах относительно кларка Pb в почвах по Виноградову (1957 г.) указанные величины значительно возрастают: 3,4-4,9.

Таким образом, в целом по Горному Алтаю широко распространено энергичное накопление в низинных торфах меди и марганца; среднюю степень распространения имеют низинные торфа, энергично накапливающие цинк и мало распространены низинные торфа, накапливающие свинец.

Особенностью накопления исследуемых элементов в низинном горном торфе является «двойственное» поведение марганца, свинца и цинка. Оно проявляется в следующем. Помимо отмеченного энергичного накопления Mn в основном массиве низинных торфов (27 образцов), также отмечается сильное накопление марганца, но при малом распространении в низинных торфах (9 проб).

При выявленном значительном накоплении свинца в низинном торфе Центрального Алтая (7 образцов) основное количество проб н. торфа ( $n=29$ ) характеризуется слабым накоплением Pb ( $KK < 0,1$ ). Накопление цинка в низинных торфах является энергичным при средней степени распространенности и также проявляется слабое накопление цинка, но при малом распространении (в 12 пробах из 36). Для всего горного региона проявляется однозначное слабое накопление в низинном торфе Cd, Co и Mo, указанное распространяется на все проанализированные образцы.

*Заключение.* Определен микроэлементный химический состав исследуемых торфов Северо-Восточного, Центрального и Юго-Восточного Алтая. Выявлена значительная вариабельность содержания и распределения Zn, Cu, Mn, Pb. Горные низинные торфа отличаются от торфов Западной Сибири и европейской части России повышенным содержанием Mn, Zn, Cu и низким содержанием Co, Mo и Cd. Независимо от типовой принадлежности исследуемых торфов они содержат Co и Cd - менее 0,05 мг/кг; Mo – менее 0,01 мг/кг.

Выявлены значительные количества антропогенного свинца в поверхностном 30 сантиметровом слое и установлены его минимальные содержания в торфяных залежах Горного Алтая: менее 0,01 мг/кг. Возможной причиной ряда локальных загрязнений поверхностных торфяных слоев свинцом является его поступление с пылеаэрозолями в результате глобальных и региональных трансграничных переносов с Восточного Казахстана и юга Западной Сибири.

Накопление меди в верховом и переходном торфе Горного Алтая является преобладающим энергичным, сильное и слабое накопление этого элемента в торфах мало распространено. Мало распространено энергичное накопление в указанных торфах цинка, марганца и свинца. В основном указанные элементы характеризуются слабым накоплением в верховом и переходном торфе.

Накопление меди в низинном торфе Горного Алтая является энергичным, марганца – энергичным и сильным. Накопление цинка в низинном торфе в основном энергичное и в одной трети образцов – слабое. Накопление свинца в низинном торфе в основном слабое, но в ряде случаев проявляется как энергичное. Повышенная обогащенность микроэлементами отмечается в низинных торфах всего Центрального Алтая. Независимо от типов и ботанического состава горных торфов, а также от агроклиматического региона расположения торф Горного Алтая характеризуется низким содержанием кобальта, молибдена и кадмия.

### Список литературы

1. Лиштван И.И. Физика и химия торфа / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, А.А. Терентьев. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
2. Ларина Г.В. Факторы, предопределяющие особенности состава и физико-химические свойства региональных горных торфов (в пределах Алтайской горной области) / Г.В. Ларина, М.И. Кайзер, О.А. Ельчинонова // Научный вестник Горно-Алтайского государственного университета. № 10. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2015. – С.3-10.
3. Куминова А.В. Растительный покров Алтая / А.В. Куминова. – Н.: Наука, 1960. – 365 с.
4. Ельчинонова О. А. Биогеохимические аспекты экологической оценки наземных экосистем Алтая / О.А. Ельчинонова. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – 141 с.
5. Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае / М.А. Мальгин. – Н.: Наука, 1978. – 271 с.
6. Пузанов А.В. Кобальт в почвах и почвообразующих породах преобладающих ландшафтов Тувинской горной области / А.В. Пузанов // География и природные ресурсы. – 2000. – № 2. – С. 66-73.
7. Ковалев Р.В. Горный Алтай. Путеводитель почвенной экскурсии по Западной Сибири / Р.В. Ковалев, В.И. Волковинцер, В.А. Хмелев, О.В. Макеев. – Н.: Наука, 1967. – 147 с.
8. Ковалев Р.В. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Р.В. Ковалев, В.А. Хмелев, В.И. Волковинцер. – Н.: Наука, 1973. – 357 с.
9. Спирина В.З. Особенности почвообразования и пространственного распространения почв высокогорных склонов Юго-Восточного Алтая / В.З. Спирина, Т.В. Раудина // Вестник ТГУ. Биология. – 2015. № 2 (30). – С. 6-19.
10. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения / С.Н. Тюремнов. – М.: Недра, 1976. – 482 с.
11. Крештапова В.Н. Методические рекомендации по оценке содержания микроэлементов в торфяных месторождениях Европейской части РСФСР / В.Н. Крештапова. – М.: ИМГРЭ, 1974. – С. 17-97.
12. Ларина Г.В. Взаимосвязь параметров органических компонентов почв и торфов с климатическими показателями физико-географических провинций Алтайской горной области / Г.В. Ларина, М.И. Кайзер, О.А. Ельчинонова [и др.] // Научный вестник Горно-Алтайского государственного университета. – № 11. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2016. – С. 22-34.

### REGIONAL PECULIARITIES OF ACCUMULATION AND REDISTRIBUTION OF SOME ELEMENTS IN PEAT OF THE ALTAI MOUNTAIN REGION

Larina G.V., Shurova M.V.

*The article presents the results of the study of the content and distribution of Cu, Zn, Pb, Mn, Mo, Co, Cd in the upper, transitional and lowland peat of different regions of the Altai mountain region. The ranges of variation and average content of trace elements in the peat of different regions of the Altai mountain region are revealed. An attempt of geochemical evaluation of the elemental composition of mountain peat is made.*

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УДОБРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОРФА

Мерзлая Г.Е.<sup>1</sup>, Жигарева Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», г. Москва, Россия, e-mail: lab.organic@mail.ru

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Тверская межобластная ветеринарная лаборатория, г. Тверь, Россия, e-mail: julija70014@mail.ru

*В статье представлены результаты научных исследований по эффективности удобрений на основе торфа. Показан химический состав и удобрительная ценность компостов из торфа и осадков сточных вод очистных сооружений городов. Дана оценка действия органических удобрений, производимых из осадков и торфа, на урожайность и качество растительной продукции. Уделено внимание транслокации токсичных элементов в растения.*

*Введение.* В современных условиях на очистных сооружениях городов образуются в больших объемах осадки сточных вод, которые накапливаются сверх установленных норм на иловых площадках, не полностью утилизируются в дальнейшем, создавая опасность загрязнения окружающей среды. По расчетам специалистов, ежегодный выход осадков в России достигает 3,5 млн. т с содержанием более 100 тыс. т основных питательных веществ. Одним из факторов, ограничивающих широкое применение осадков сточных вод в сельском хозяйстве, является возможное загрязнение агроценозов различными поллютантами, в первую очередь тяжелыми металлами [1-3]. Важным направлением эффективного применения осадков в земледелии служит приготовление на их основе удобрений с использованием торфа. В связи с изложенным целью исследований было изучение эффективности компостов, производимых из осадков сточных вод и торфа, а также осадков, применяемых в сочетании с торфом, при выращивании важнейших сельскохозяйственных культур. Полевые опыты проводили на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны в Вологодской и Тверской областях.

Опыт в Вологодской области выполнялся в звене полевого севооборота: лён-долгунец сорта Зарянка – картофель Елизавета – ячмень Отра. Повторность опыта трехкратная. Размещение вариантов систематическое. Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса в слое 0-20 см 3,9 %, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 228 и 119 мг/кг, Cu – 5,2 мг/кг, Zn – 24,7, Pb – 9,1, Cd – 0,48, Mn – 277, Ni – 9,9, Cr – 11,1, As – 1,3, Hg – 0,023, Co – 5,7 мг/кг сухой почвы, рН<sub>KCl</sub> 5,3.

Компост, используемый в опыте, произведен на основе осадка сточных вод очистных сооружений «Вологдагороводоканал» и торфа в соотношении 1:1. Торф имел зольность 20 %, рН<sub>KCl</sub> 4,6, содержал 80 % органического вещества, 1,9 % азота, 0,06 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,15 % K<sub>2</sub>O в

расчете на сухую массу, 8 мг/кг Cu, 19 - Zn, 4 - Pb, 0,6 -Cd, 6 - Ni, 4 - Cr, 2 - Co, 0,005 - Hg, 1,7- As. В сухом веществе компоста доля органического вещества составляла 66,8 %, валового азота – 1,95 %, фосфора – 0,8 %, калия – 0,3 %, при нейтральной реакции среды. Содержание тяжелых металлов составляло (в мг/кг сухой массы): 45 - Cu, 140 - Zn, 14 - Pb, 1 - Cd, 13 - Ni, 12 - Cr, 4 - Co, 0,11 – Hg и 1,2 - As

В опыте испытывали компост в дозе 4 т/га сухого вещества. В схему опыта были включены также варианты: с минеральной и органоминеральной системой удобрений, внесенных в эквивалентных количествах по отношению к варианту с компостом.

Все удобрения вносили в почву под лен-долгунец. При возделывании последующих культур звена – картофеля и ячменя – испытывали их последствие.

Опыты были заложены и проведены согласно общепринятым методикам. Химические анализы в почве и в растениеводческой продукции выполнены согласно утвержденным ГОСТам:  $pH_{KCl}$  в почве (ГОСТ 26212-91), гидролитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор и калий в вытяжке 0,2 н. HCl в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Для определения в почве валовых и подвижных форм тяжелых металлов использовали методики ФР 1.31.2007.04106, мышьяка – Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом (1993), ртути – Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы (1993). В растениях после мокрого озоления определяли азот по Кьельдалю, фосфор на фотоколориметре, калий на пламенном фотометре, содержание токсичных элементов по ГОСТ 30178-96, МУ 01-19/47-1, МУ 5178-90, ГОСТ 26930-86, ГОСТ 27997-88.

Вегетационные периоды в годы исследований были засушливыми (ГТК по Селянинову составлял от 0,8 до 1,1) Тем не менее, во все годы был сформирован полноценный урожай сельскохозяйственных культур.

Продуктивность звена севооборота: лен-долгунец – картофель – ячмень за годы опыта в среднем по трем полям достигала наибольших значений при внесении компоста и компоста с минеральными удобрениями соответственно 27,9 и 28,5 ц зерновых единиц с 1 га, где были получены достоверные прибавки урожая по отношению к контролю (табл. 1). Несущественной, по данным в среднем за 3 года, была прибавка от применения одних минеральных удобрений.

Таблица 1. Продуктивность сельскохозяйственных культур

Вариант опыта	Сельскохозяйственная культура			Продуктивность звена севооборота		
	лен-долгунец	картофель	ячмень	в среднем за год, ц з.е./га	прибавка	
					ц з.е./га	%
Без удобрений (контроль)	13,6	46,8	17,1	25,8		
Компост в дозе 4 т/га	15,8	49,5	18,5	27,9	2,1	8,2
НРК	15,4	48,5	17,5	27,1	1,3	5,1
НРК+компост	17,1	50,3	18,1	28,5	2,7	10,5
НСР <sub>05</sub>	0,9	2,1	2,1	1,8		

Изучение качества продукции по содержанию в ней тяжелых металлов под влиянием удобрений показало, что в некоторых случаях, в частности при внесении минеральных удобрений, отмечена тенденция к некоторому увеличению содержания свинца, кадмия, никеля, марганца, а также мышьяка в семенах льна долгунца (табл. 2). В то же время во всех вариантах опыта содержание тяжелых металлов и мышьяка в растениях не превышало существующих норм.

В клубнях картофеля содержание тяжелых металлов в вариантах с удобрениями было на уровне контроля или даже ниже контрольного. Такая же закономерность наблюдалась и при анализе зерна ярового ячменя.

В Тверской области схема полевого опыта включала: контроль (без удобрений); навоз в дозе 20 т/га, осадок в дозе 20 т/га, осадок в дозе 10 т/га + торф в дозе 10 т/га. Навоз и торф поступали из учхоза «Сахарово» ГСХА, свежий осадок сточных вод г. Твери - со станции очистки Большие Перемерки. Осадок сточных вод имел слабокислую реакцию, превосходил навоз по содержанию органического вещества (67 %) и азота (3,4 %), но уступал ему по содержанию калия (0,3 %). Содержание тяжелых металлов в осадке составляло в (мг/кг): Cu – 40, Zn - 78, Pb - 13, Cd - 0,4, Ni - 5,5, Cr - 4,7, Hg - 0,14, As - 0,6.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в растительной продукции в зависимости от удобрений, мг/кг сухого вещества

Вариант	Элемент									
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
Лён-долгунец, солома										
Без удобрений (контроль)	1,9	18,4	0,53	0,28	0,50	0,6	19,2	0,11	0,01	0,08
Компост в дозе 4 т/га	1,8	16,4	0,51	0,23	0,46	0,5	16,8	0,07	0,01	0,07
НРК	1,7	14,8	0,56	0,25	0,42	0,5	17,1	0,11	0,01	0,08
НРК+компост	1,5	13,2	0,56	0,20	0,39	0,7	15,8	0,06	0,01	0,11
Лён-долгунец, семена										
Без удобрений (контроль)	9,2	42,1	0,90	0,13	0,79	0,4	15,5	0,16	0,01	0,05
Компост в дозе 4 т/га	10,6	44,4	0,88	0,11	0,74	0,3	13,7	0,16	0,01	0,06
НРК	7,1	48,3	0,94	0,14	1,04	0,4	16,9	0,14	0,01	0,1
НРК+компост	5,6	35,3	0,68	0,10	0,81	0,2	18,5	0,16	0,01	0,05
МДУ 123-4/281-87	30,0	50,0	5,0	0,3	3,0	0,5	-	1,0	0,05	0,5
Картофель, клубни										
Без удобрений (контроль)	1,4	7,1	0,37	0,027	0,21	0,15	4,2	0,08	0,01	0,02
Компост в дозе 4 т/га	1,2	7,5	0,28	0,02	0,22	0,14	5,0	0,04	0,01	0,02
НРК	1,4	8,2	0,30	0,02	0,18	0,18	6,5	0,03	0,01	0,02
НРК+компост	1,1	6,6	0,42	0,02	0,20	0,17	5,5	0,05	0,01	0,02
МДУ 123-4/281-87	30	50	5,0	0,3	3,0	0,5	-	1,00	0,05	0,5
СанПиН 2.3.2.1078-01			0,5	0,03					0,02	0,2
Ячмень, зерно										
Без удобрений (контроль)	2,8	18,1	0,09	0,021	0,24	0,43	2,1	0,09	0,005	0,02
Компост в дозе 4 т/га	2,4	16,0	0,07	0,01	0,13	0,23	2,0	0,05	0,004	0,02
НРК	3,0	26,1	0,07	0,02	0,22	0,32	2,5	0,06	0,004	0,03
НРК+компост	3,4	23,3	0,11	0,02	0,19	0,36	3,3	0,67	0,004	0,02
СанПиН 2.3.2.1078-01			0,5	0,1					0,03	0,2
Ячмень, солома										
Без удобрений (контроль)	2,2	10,0	0,28	0,02	0,27	0,37	9,3	0,17	0,005	0,02
Компост в дозе 4 т/га	1,8	8,9	0,25	0,03	0,24	0,37	6,6	0,14	0,004	0,02
НРК	1,3	6,0	0,24	0,0	0,24	0,42	5,3	0,13	0,004	0,02
НРК+компост	1,6	8,8	0,22	0,02	0,23	0,34	7,5	0,10	0,004	0,01
МДУ 123-4/281-87	30,0	50,0	5,0	0,3	3,0	0,5	-	1,0	0,05	0,5

Исследования показали высокую эффективность применяемых органических удобрений при выращивании картофеля (табл. 3).

Таблица 3. Влияние удобрений на урожайность картофеля

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
Без удобрений (контроль)	113,5	-	-
Навоз в дозе 20 т/га	147,7	34,2	30,1
Осадок в дозе 20 т/га	160,5	47,0	41,4
Осадок в дозе 10 т/га+торф в дозе 10 т/га	168,1	54,6	48,2
НСР <sub>05</sub>		13,2	

Как видно из таблицы 3, применение в качестве удобрения осадка сточных вод в сочетании с торфом позволило получить урожайность клубней картофеля 168,1 ц/га, что на 30,1 % превышало контроль без удобрений и на 13,8 % вариант с внесением навоза. Важно отметить, что при внесении осадков в клубнях картофеля отмечалось повышение содержания ряда тяжелых металлов по отношению к контролю, в частности цинка, меди, свинца, никеля, кадмия. Однако во всех случаях оно было ниже нормативных показателей в 1,5-3 раза.

Таким образом, по результатам проведенных исследований, использование осадков сточных вод в сочетании с торфом в качестве удобрения дает возможность повысить урожайность клубней до 16,8 т с 1 га, или на 30 % по сравнению с контролем и получить биологически полноценную продукцию, отвечающую по содержанию тяжелых металлов и мышьяка отечественным гигиеническим нормативам.

### Список литературы

1. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России: информационно-аналитический справочник / Под ред. А.И. Еськова. – Владимир: ВНИИОУ, 2006. – 200 с.
2. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрокультуре / Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 140 с.
3. Пахненко, Е.Н. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.

### **AGROECOLOGICAL EVALUATION OF FERTILIZERS WITH THE USE OF PEAT Merzlaya G.E., Zhigareva Yu.V.**

*The article presents the results of scientific research on the effectiveness of peat fertilizers. The chemical composition and fertilizer value of compost from peat and sewage sludge of treatment facilities of cities are shown. The estimation of the action of organic fertilizers produced from precipitation and peat, the yield and quality of plant products is shown. Attention is paid to the translocation of toxic elements into plants.*



## ФАКТОРЫ СРЕДЫ, ЭМИССИЯ CO<sub>2</sub> И СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ ВЕРХОВОГО СФАГНОВОГО БОЛОТА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Наумов А.В.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: a.naum@ngs.ru

В статье представлены результаты исследований суммарного дыхания, фотоассимиляции CO<sub>2</sub> и эвапотранспирации верхового сфагнового болота лесостепной зоны. Предложена полевая методика для сопряженного измерения суммарного испарения и CO<sub>2</sub> газообмена с использованием экспозиционных камер. Обсуждается влияние условий освещения, уровня болотных вод, температуры воздуха и почвы на основные составляющие водно-углеродного баланса в разные периоды вегетационного сезона.

*Введение.* Верховые сфагновые болота широко распространены в Западной Сибири. Значительные площади этих болот находятся в таежной зоне. Этому способствовали благоприятные для накопления верхового торфа биоклиматические условия, слабая водопроницаемость почв и пород, плоский рельеф, избыточное поступление атмосферных осадков. В лесостепной зоне верховые сфагновые болота встречаются в виде небольших островков, возвышающихся среди займищ, влажных лугов и суходолов. Эти природные объекты представляют интерес в связи с их расположением в зоне недостаточного атмосферного увлажнения. Напряженный водный режим, частые пожары и антропогенное воздействие оказывают существенное влияние на природные биогеохимические циклы, углеродный статус и устойчивое функционирование болотного комплекса.

Цель исследования состояла в оценке влияния факторов среды на основные составляющие водного и углеродного баланса (фотосинтез, дыхание экосистемы, суммарное испарение) верхового сфагнового болота в условиях Барабинской лесостепи (Западная Сибирь).

*Объекты и методы.* Исследования проводились в летний период 2015 года на верховом сосново-кустарничково-сфагновом болоте, расположенном в 4 км южнее с. Николаевка-2 (Убинский район, Новосибирская область). Болото имеет выпуклую форму, характерную для рямов. В центральной части, наиболее возвышенной, мощность торфяной залежи достигает 4-4,5 м. Залежь сложена преимущественно верховым фукусум-торфом [1].

В древесном ярусе представлена береза *Betula pubescens* Ehrh. высотой 5-7 м и молодые сосны *Pinus sylvestris* L. до 6 м. Поверхность ряма кочковатая. Кочки высотой 30-40 см занимают около 60 % поверхности. В кустарничковом ярусе высотой до 50-70 см представлены *Ledum palustre* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Andromeda polifolia* L., *Охусoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. Из трав встречаются морошка *Rubus chamaemorus* L., пушица - *Eriophorum vaginatum* L. Сфагновый покров сформирован

фактически тремя видами: *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr.– 60 %, *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. – 30 %, *S. angustifolium* (C. Jens. ex Russ.) C. Jens. – 9 %. По периферии болото окаймляют тростниковые и осоково-тростниковые сообщества.

Измерения потоков углекислого газа (дыхание, фотоассимиляция) и суммарного испарения (эвапотранспирация) проводились с помощью экспозиционных камер (ЭК) объемом 5,75 литра, выполненных из оргстекла. Площадь металлических оснований ЭК составляла 100 см<sup>2</sup>. Герметизация ЭК достигалась с помощью гидрозатвора. Встроенный вентилятор обеспечивал циркуляцию воздуха внутри ЭК во время измерений.

Дыхание экосистемы измеряли в темноте, накрыв камеру плотным непроницаемым для света чехлом, фотосинтез – при естественном освещении. Время экспозиции составляло 15 минут и 2-3 минуты, соответственно для дыхания и фотосинтеза. Скорость процесса оценивали по изменению концентрации углекислого газа внутри камеры, основываясь на линейной регрессионной модели. В ходе экспозиции автоматически регистрировали концентрацию углекислого газа, давление, температуру и относительную влажность воздуха внутри камеры с помощью многофункционального датчика IAQ (Indoor Air Quality) и анализатора Testo – 435 (Germany). Уровень освещенности контролировали с помощью цифрового люксметра LX1010B, датчик которого располагался на уровне сфагнума.

Скорость суммарного испарения оценивали по изменению относительной влажности воздуха внутри ЭК. Для расчетов использовали экспоненциальную модель вида:  $w = w_0(1 - a \cdot \exp(-k \cdot t))$ , где  $w_0$  – влажность насыщения в данных условиях,  $a$ ,  $k$  – параметры модели. Функция  $w(t)$  была выбрана исходя из характерной формы экспериментальных кривых. Скорость процесса оценивали значением производной  $dw/dt$ , отнесенной к началу эксперимента.

*Результаты исследования и обсуждение.* Исследования составляющих водно-углеродного баланса верховых сфагновых болот лесостепной зоны немногочисленны [2-3]. Ранее нами были обследованы несколько рямовых комплексов Барабинской лесостепи и получены тестовые оценки эмиссии углекислого газа и метана, а также эвапотранспирации методом экспозиционных камер [4-6]. Выявленные особенности функционального состояния верховых сфагновых болот лесостепной зоны позволили сделать предположение об экологических рисках для этих природных объектов в связи с изменением климата и возрастающим антропогенным воздействием.

Кочки и локальные понижения между ними создают множество неоднородностей микрорельефа и растительного покрова. В пределах участка, выбранного для наблюдений в сосново-кустарничково-сфагновом сообществе на вершине ряма, суммарное дыхание экосистемы варьировало от 218 до 351 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/ч в разных местообитаниях в начале

вегетационного периода. Температура торфа на глубине 20 см составляла в это время 3-6 °С, а дневная температура воздуха поднималась до 20-22 °С. С повышением летних температур воздуха до 34-35 °С в дневные часы верхний слой торфа прогрелся до 11-16 °С в разных местах, а суммарное выделение CO<sub>2</sub> болотной растительностью и почвой достигло максимальных значений 499±234 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/ч. При этом коэффициент вариации суммарного дыхания существенно увеличился и составил 47 %. В начале вегетационного сезона уровень болотных вод (УБВ) находился на глубине 27-32 см от поверхности кочек и 23-27 см между ними. К началу третьей декады июня уровень болотной воды опустился ниже 70 см под кочками, а в локальных понижениях между кочками находился на глубине 38-40 см. Осенью в начале октября УБВ в понижениях опустился до 44-52 см.

Естественная освещенность местообитания является важнейшим фактором, оказывающим влияние на составляющие водно-углеродного баланса БЭС. На верховом болоте высокие кустарники и кустарнички существенно снижают поступление солнечного света к моховому покрову. Так на уровне головок сфагнома освещенность была в 1,5-2 раза ниже по сравнению с открытым пространством. В условиях переменной облачности при освещенности 4500-5000 люкс часто наблюдалась ситуация, когда фотоассимиляция не компенсировала выделение углекислого газа растительностью и торфом.

Интенсивность фотосинтеза оценивали по разности значений CO<sub>2</sub> газообмена в темноте и на свету. Весной в мае при низких температурах воздуха и торфа и частой облачности на разных элементах микрорельефа поглощалось от 46 до 437 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/ч при относительно низкой освещенности. В июне увеличилось число солнечных дней. При уровне освещенности 40000-80000 люкс скорость ассимиляции составляла 590-950 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/ч и меньше зависела от локальных условий.

Одинаковые условия измерения эвапотранспирации методом экспозиционных камер позволили сравнивать изучаемый показатель для разных участков с разным микро- и нанорельефом и растительностью (табл. 1). Условия освещенности оказывали слабое влияние на суммарное испарение влаги растительностью и торфом в весенний и осенний периоды наблюдений. Летом в июне испарение при ярком естественном освещении было несколько интенсивнее, чем в темноте. Этому, по-видимому, способствовала высокая ассимиляционная активность болотной растительности на фоне высоких температур воздуха в дневные часы. Основным фактором, оказывающим влияние на сезонную динамику суммарного испарения с поверхности верхового сфагнового болота в лесостепной зоне, является температура приземного слоя воздуха. Полевая методика измерения эвапотранспирации позволяла стандартизировать прочие условия окружающей среды и выявить влияние температурного фактора.

Таблица 1. Суммарное испарение (эвапотранспирация) в лесостепном рьяе и факторы среды

Дата	Освещенность, люкс	Испарение, мм/сутки	Температура, °С	
			торфа (20 см)	воздуха в ЭК
21.05.2015	0	1,50 ± 0,70	3,0 ÷ 6,0	14,4 ÷ 23,0
	4500 ÷ 18700	1,52 ± 0,32		14,5 ÷ 16,0
23.06.2015	0	6,31 ± 1,83	10,8 ÷ 15,8	34,2 ÷ 35,8
	30000 ÷ 87100	8,87 ± 3,05		37,5 ÷ 41,3
07.10.2015	0	1,77 ± 0,87	5,0 ÷ 6,8	17,4 ÷ 18,8
	5400 ÷ 10100	1,95 ± 1,04		18,8 ÷ 21,4

*Заключение.* Верховые сфагновые болота лесостепной зоны по ряду признаков можно отнести к природным объектам повышенного экологического риска. Антропогенное влияние и пожары, нарушая структуру растительного покрова, изменяют основные показатели водно-углеродного статуса и функциональную устойчивость всего болотного комплекса. Недостаток атмосферного увлажнения и высокие летние температуры воздуха являются факторами, ограничивающими продукционный потенциал сфагнового покрова, и способствуют ускорению процессов минерализации мертвых растительных остатков и торфа. Выполненные измерения суммарной эмиссии углекислого газа, эвапотранспирации и фотоассимиляции в зависимости от основных экологических факторов подтверждают предположение об экологических рисках в связи с прогнозируемыми климатическими изменениями.

### Список литературы

1. Степанова, В.А. Особенности генезиса Николаевского рьяа в лесостепи Западной Сибири / Степанова В.А., Волкова И.И. // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2017. – № 40. – С. 202–223.
2. Ольчев, А.В. Нетто CO<sub>2</sub>-обмен и испарение сфагнового болота в зоне широколиственных лесов Европейской части России / Ольчев А.В., Волкова Е.М. [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2012. – № 3. – С. 207–220.
3. Olchev, A. Growing season variability of net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange and evapotranspiration of a sphagnum mire in the broad-leaved zone of European Russia / Olchev A., Volkova [et al.] // Environmental Research Letters. – 2013. – 8:1-8.
4. Наумов, А.В. Верховые болота лесостепной зоны, их состояние и мониторинг / Наумов А.В., Косых Н.П. [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2009. – Т. 16. – № 2. – С. 251–259.
5. Наумов А.В. Верховые болота лесостепной зоны как источник/сток парниковых газов // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы Третьего Международного полевого симпозиума, Ханты-Мансийск, 27 июня – 5 июля 2011 г. – Новосибирск, 2011. – С. 123–124.
6. Наумов, А.В. Современные процессы газообмена в сфагновых болотах лесостепной зоны Барабы (Западная Сибирь) // Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 5. – С. 657–663.

### ENVIRONMENTAL FACTORS, CO<sub>2</sub> EMISSION AND EVAPOTRANSPIRATION ON SPHAGNUM BOG IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE ZONE

Naumov A.V.

*The article represents the results of complex studies of total respiration, CO<sub>2</sub> assimilation and evapotranspiration on the raised sphagnum bog of the forest-steppe zone. A field technique for the conjugate measurements of total evaporation and CO<sub>2</sub> gas exchange using exposure chamber is proposed. The influence of lighting, water table level, air and soil temperature on the main components of water-carbon balance in different periods of the growing season is discussed.*

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БОЛОТ И ПЕРСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЙ

**Новиков С.М.**

**Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия**

*В статье приводятся основные результаты работ, выполненные Западно-Сибирской экспедицией ГГИ, начиная с 1970 годов. Обозначены направления дальнейших гидрологических исследований в зоне вечной мерзлоты*

Экологический мониторинг, согласно определения Ю.А. Израэля [1] — это система наблюдений за изменениями состояния среды, вызванными антропогенными причинами, которая позволяет прогнозировать развитие этих изменений. Мониторинг, являясь многоцелевой информационной системой, складывается из: 1) наблюдений за состоянием природной среды и за факторами воздействия на нее, 2) оценки состояния природной среды и факторов воздействия, 3) прогноза состояния окружающей среды. Одним из принципов мониторинга является его комплексность.

Поскольку экологическое состояние территории в основном определяется ее водным режимом, то гидрологический мониторинг вправе называть гидроэкологическим. Оценка гидроэкологического состояния заболоченных территорий при проведении мониторинга должна основываться на результатах дистанционных и наземных видов обследований. Эти обследования должны охватывать наиболее крупные промышленные объекты (нефтяные и газовые месторождения, магистральные газо- и нефтепроводы), расположенные в разных болотных зонах.

Выбранные для мониторинга объекты вначале обследуются дистанционно (с самолета), затем проводится аэрофотосъемка и составляются аэрофотосхемы масштаба 1: 5000–8000. Аэрофотосхемы дешифрируются (определяются типы болотных микроландшафтов и их границы, водотоки и водоемы, выявляются все техногенные нарушения, произошедшие в районе промышленного объекта) и создается картографическая основа для ведения мониторинга (типологическая карта болот). Эта карта служит для выбора мест расположения пунктов наблюдений за элементами гидрологического режима водных объектов на нарушенных и ненарушенных участках, а также для слежения за динамикой техногенных нарушений во времени и по площади. Последнее предусматривает определение смещения границ болотных микроландшафтов, уточнение положения границ участков подтопления и осушения болот, мест разлива нефти, участков нарушения растительного покрова, выявление изменений в морфометрии рек и озер. При решении перечисленных задач широко используется не только типологическая карта, но и карта-схема сетки линий стекания болотных вод, отражающая динамику болотных вод. Дистанционные обследования для

оценки динамики техногенных нарушений в дальнейшем проводятся один раз в 3–5 лет. Причем каждый раз проводится аэрофотосъемка района промышленного объекта, что позволяет объективно выявлять и документально подтверждать происходящие изменения в природной среде.

*Гидрологический мониторинг заболоченных территорий* Наземные обследования и наблюдения являются неотъемлемым и существенным дополнением к дистанционным обследованиям. Они проводятся с целью количественной оценки изменений гидрологического режима, произошедших под влиянием разного рода техногенных воздействий. В задачи наземных обследований входит описание техногенного воздействия и его последствий, а также проведение наблюдений за количественными характеристиками выявленных нарушений в строении и режиме водных объектов. Описание последствий должно включать в себя вид, характер и степень нарушения, площадь нарушения водного объекта, оценку динамики развития процесса техногенного воздействия и восстановления естественных условий природной среды.

Состав и объем наблюдений, проводимых в зонах техногенного воздействия, определяется характером нарушения и типом водного объекта. При подтоплении болот линейными сооружениями, приводящем к изменению водного и теплового режима болот, в зоне нарушения организуются наблюдения за уровнем болотных вод. Выбор участков наблюдений проводится на основе типологической карты, сетки линий стекания и карты хозяйственного освоения территории. Выбранные участки должны охватывать все наиболее распространенные болотные микроландшафты. Водомерные створы, состоящие из 6–7 скважин, оборудуются, прежде всего, на участках максимального подтопления линейных сооружений. Это обычно участки трасс, где линии стекания, имеющие достаточно большую длину, подходят к линейному сооружению под углом  $90^\circ$ . Водомерные створы располагаются перпендикулярно трассе, водомерные скважины по две со стороны подтопления и подсушки оборудуются в 10 и в 100 м от линейного сооружения. Скважины должны располагаться в одном и том же болотном микроландшафте и элементе мезорельефа (топь, гряда). Две контрольные скважины оборудуются в этом же микроландшафте на участке естественного болота, не затронутого хозяйственной деятельностью. Оборудование скважин, их высотная привязка и производство наблюдений осуществляется согласно Наставлениям [2]. Результаты наблюдений за уровнем служат основой при оценке режима подтопления участков болот сооружениями и исходным материалом для прогноза характера изменения болотного микроландшафта на участках подтопления и подсушки.

При загрязнении болот нефтью и нефтепродуктами организуются наблюдения за динамикой распространения нефтяного пятна. Для этого от видимой части пятна по сетке

линий стекания болотных вод вдоль линии тока намечаются, а затем на местности закрепляются пункты отбора проб воды на химический анализ. Количество этих пунктов и их местоположение должно обеспечивать получение достоверной информации об интенсивности процесса растекания нефти в разные сезоны года, а также данных о длине пути фильтрации нефти до полного ее поглощения. При выборе пунктов должно соблюдаться неперемное условие - последний пункт всегда должен находиться ниже (по течению) пятна загрязнения, т.е. на еще незагрязненной части болота. В связи с этим последний пункт отбора проб воды каждый раз может быть новым, в случае, если нефть дошла до прежнего последнего пункта.

Сразу после аварии отбор проб воды проводится учащенно (один раз в месяц), затем, по мере уменьшения скорости растекания пятна, эпизодически (один раз в год, один раз в три года и т.д.). Аналогичные наблюдения проводятся и на участках сброса сточных вод. Перечень компонентов, за которыми при этом проводятся гидрохимические наблюдения, должен определяться, исходя из состава сточных вод. Гидрохимические наблюдения должны проводиться так же как, и при нефтяных загрязнениях - вдоль линии стекания болотных вод, включая внутриболотные ручьи, с учетом фаз гидрологического режима.

При проведении гидрологического мониторинга на болотах следовало бы организовывать полный комплекс наблюдений за их водно-тепловым режимом по типу наблюдений болотной станции. Однако открыть в настоящее время такие станции практически невозможно из-за отсутствия источников финансирования и сложности содержания таких станций, учитывая малонаселенность региона и крайне суровые климатические условия. Поэтому следует искать другие пути организации такого вида мониторинга, например, создание автономных автоматизированных пунктов наблюдений за элементами водно-теплого режима болот. Поскольку все элементы водного и теплового режима болот, и особенно болот криолитозоны, взаимосвязаны и взаимообусловлены, то нарушение естественного режима одного из элементов обуславливает изменение всех остальных. Наиболее информативными и наименее сложными в производстве наблюдений являются: уровень болотных вод, характеризующий водный режим болот, и глубина оттаивания (промерзания) деятельного слоя торфяной залежи, результирующая тепловых процессов на болоте. Пункты наблюдений за уровнем болотных вод и глубиной оттаивания оборудуются [3] в районах интенсивного техногенного воздействия на болота.

Параллельные наблюдения за этими элементами гидрологического режима организуются как на нарушенных (загрязненных, выжженных, выкорчеванных), так и на естественных участках болот. Степень нарушения естественного состояния болота определяется по величине отклонений указанных характеристик от их значений на участках, не подвергшихся техногенному воздействию. С целью выявления изменений в составе

растительного покрова под влиянием техногенной нагрузки в районе водомерных скважин выбираются и закрепляются площадки размером 10×10 м для проведения геоботанических описаний растительности. Описания проводятся эпизодически - один раз в три - пять лет.

*О недавно вышедшей книге.* Не так давно у нас вышла монография – Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири [4], в которой решаются задачи, поставленные в первой монографии [5] как «задачи дальнейших исследований». В ней рассматривается широкий круг вопросов, освещающих строение и водно-тепловой режим болот, гидрологический режим рек и озер зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. Наличие многолетней мерзлоты, как показали исследования, оказывает существенное влияние на тепловой и водный режим территории, следовательно, и на строение и структуру болот. Болота этой зоны по строению и водно-тепловому режиму сильно отличаются от болот талой зоны. Широкомасштабные геоботанические и гидрографические обследования болот рассматриваемого региона позволили получить большой исходный материал по их структуре и растительности и на основе его разработать классификации болотных микроландшафтов бугристых и полигональных болот применительно к гидрологическим исследованиям.

Материалы комплексных исследований болот, полученные на 10-ти гидрологических стационарах Западно-Сибирской экспедиции, позволили впервые составить характеристику гидрометеорологического режима различных типов болот зоны многолетней мерзлоты. Кроме этого, упомянутые выше материалы послужили основой при разработке расчетных зависимостей для определения характеристик воднотеплового режима болотных микроландшафтов по метеорологическим данным. Эти расчетные зависимости, в свою очередь, послужили основой для разработки математической модели водно-теплового режима бугристых болот. Создание математической модели значительно расширило наши возможности изучения режима болот этого региона.

Существенным моментом в исследованиях болот зоны многолетней мерзлоты является изучение стока непосредственно с бугристых болот, которое было проведено на таких болотах впервые. Материалы этих наблюдений были использованы в качестве основы при разработке методических подходов к расчету максимального стока с бугристых болот.

Учитывая важность сведений о качестве и достоверности исходных материалов наблюдений, послуживших основой при подготовке данной монографии, большое внимание в работе уделено информации о методиках получения исходных данных, пунктах наблюдений и их географическом положении. С этой целью в монографию была специально включена глава «Методология экспедиционных исследований заболоченных территорий. Пункты наблюдений», в которой освещены вопросы методики производства наблюдений и



экспериментальных работ, приведены схемы расположения пунктов наблюдений, «привязанные» к речной сети.

В связи с открытием многочисленных месторождений нефти и газа, данный регион интенсивно осваивается: строятся промышленные объекты и населенные пункты, прокладываются дороги, газо- и нефтепроводы, обустраиваются месторождения. Хозяйственное освоение территории, как известно, оказывает негативное влияние на природную среду, в том числе и на водные объекты (болота, реки, озера). Оценка антропогенного влияния на природную среду является в настоящее время важной проблемой, требующей своего решения. Учитывая это, в данной монографии упомянутой проблеме посвящена специальная глава «Гидроэкологические аспекты хозяйственного освоения заболоченных территорий», в которой рассматриваются вопросы антропогенного влияния на водно-тепловой режим болот, гидрологический режим рек и озер.

Принимая во внимание большое значение исходной гидрологической информации, полученной Западно-Сибирской экспедицией, для организаций, проектирующих, строящих и эксплуатирующих промышленные объекты на заболоченных территориях, было решено результаты обобщения этой информации поместить в приложения к монографии.

Оценка состояния изученности строения торфяной залежи полигональных болот свидетельствует о весьма скудной исходной информации о мощности и стратиграфии залежи этой зоны. В связи с этим невозможно составить достаточно надежную характеристику заболоченности этой зоны. При отсутствии стратиграфических профилей торфяной залежи в условиях тундры, где на болотах и тундровых урочищах растительный покров практически одинаков [6], невозможно, особенно на болотах однородного не комплексного строения, выделить границы болотных массивов по растительности, как это делается во всех других болотных зонах. В связи с этим при составлении топографических карт даже крупных масштабов допускались неточности в определении «границ» болотных массивов.

Исходя из выше изложенного, следует критически относиться к данным о площадях болот в рассматриваемой зоне и степени заболоченности ее территории. Необходимо иметь в виду, что их количественные характеристики весьма приближенные. Для их уточнения необходимо не только проведение специальных геологоразведочных работ, которые в свое время широко проводились на болотах страны, но и разработка определения понятия «болото» для условий Крайнего Севера. Учитывая специфику природно-климатических условий рассматриваемой зоны (наличие сплошной многолетней мерзлоты, короткий вегетационный период, низкие температуры воздуха), следует признать, что использование общепринятого критерия выделения болот и заболоченных земель в данной зоне не совсем приемлемо. По-видимому, при отнесении той или иной территории к болоту или тундре надо придерживаться

выводов, следующих из определения болота, данного К.Е. Ивановым [7], и в частности, одного из них: толщина отложившегося торфа такова, что живые корни основной массы растений не достигают подстилающего минерального грунта». Используя этот критерий, можно в первом приближении для разных типов растительного покрова на заболоченных территориях определить мощность торфяной залежи, которая явится количественным показателем разделения болотного ландшафта на болота и заболоченные земли. Это обеспечит более объективный подход в выделении болот зоны полигональных болот, а следовательно, и точность определения заболоченности территории. Однако для реализации этого подхода необходимы специальные исследования. В связи с этим в настоящее время, по нашему мнению, *за «болото» в зоне полигональных болот следует принимать часть земной поверхности, избыточное увлажнение которой обеспечивает процесс торфонакопления, а толщина слоя торфа совместно с очесом составляет не менее 20 см в естественном (неосушенном) состоянии.* К заболоченным землям (заболоченные тундры) следует относить аналогичные участки территории, на которых толщина торфа совместно с очесом составляет менее 20 см. На тундровых урочищах отложений торфа не должно быть.

*Перспектива исследований.* К числу задач дальнейших исследований заболоченных территорий Западной Сибири следует отнести:

- изучение водно-теплового режима болот и гидрологического режима внутриболотных рек и озер во всех 5-ти болотных зонах Западно-Сибирской равнины с целью разработки новых современных методов расчета гидрологических характеристик водных объектов;
- геоботаническое обследование болот северо-восточной части Западной Сибири с целью уточнения их типологии и дешифровочных признаков;
- геоботаническое обследование болот 2-х южных болотных зон с целью уточнения их типологии и дешифровочных признаков;
- изучение влияния различных видов антропогенного воздействия на природные свойства и режим болот, внутриболотных рек и озер,
- разработка математических моделей расчета водно-теплового режима полигональных и олиготрофных сфагновых болот по метеорологическим данным.

Учитывая сложившуюся в настоящее время ситуацию по финансированию научных исследований в нашей стране, выполнение перечисленных задач возможно лишь при условии:

- 1) восстановления пунктов наблюдений Гидрометслужбы за гидрологическим режимом болот Западной Сибири, закрытых в годы распада СССР;
- 2) организации межрегионального исследовательского полигона (в районе г. Ханты-Мансийска) для комплексного изучения болот Западной Сибири (типология болот, строение торфяной залежи, флора и фауна, водный и тепловой режим, гидрохимический режим,

углеродный цикл, микробиология деятельного слоя залежи и почв и др.) с широким использованием дистанционных методов и приборов автономного действия. В качестве основы для организации сети пунктов наблюдений автономного действия могут быть использованы бывшие гидрологические стационары Западно-Сибирской экспедиции ГГИ, расположенные в разных болотных зонах этого обширного региона.

Выполнение перечисленных задач и полученные при этом результаты исследований позволят подойти к решению важных в научном и практическом отношении проблем. К числу этих проблем следует отнести: оценка интенсивности и направленности процесса болотообразования на территории Западно-Сибирской равнины, оценка антропогенного влияния на строение и природные свойства болот (водный, тепловой и гидрохимический режим; водно-физические свойства деятельного слоя торфяной залежи). Кроме этого, результаты комплексных исследований явятся основой для гидрологического обоснования проектов обустройства нефтяных и газовых месторождений, мероприятий по охране окружающей среды и решения многих других не менее важных научных и практических задач, постоянно возникающих при интенсивном хозяйственном освоении столь сложного и разнообразного по природным условиям региона.

### Список литературы

1. Израэль, Ю.А. Комплексный анализ окружающей среды. Подходы к определению допустимых нагрузок на окружающую природную среду и обоснование мониторинга // В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды I советско-американского симпозиума. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – С. 17–25.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – Вып. 8. – 360 с.
3. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. / Под ред. С.М. Новикова. – СПб.: ВВМ, 2009. – 536 с.
4. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. / Под ред. Иванова К.Е. и Новикова С.М. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 448 с.
5. Боч, М.С. Болота тундровой зоны Сибири // Типы болот СССР и принципы их классификации. – Л.: Наука, 1974. – С. 46–153.
6. Иванов, К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны. – Л.: Гидрометеоздат, 1957. – 500 с.

### ENVIRONMENTAL MONITORING OF WETLANDS AND RESEARCH PROSPECTS Novikov S.M.

*The article presents the main results of the work carried out by the West-Siberian expedition of the GGI since 1970 year. The directions of further hydrological studies in the permafrost zone are indicated*

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ КОММЕНТАРИИ К ДИСКУССИОННЫМ ВОПРОСАМ ПО ГАЗООБМЕНУ БОЛОТ И АТМОСФЕРЫ

Смагин А.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, ИЛАН РАН, РУДН, г. Москва, Россия,  
e-mail: smagin@list.ru

*Обсуждаются дискуссионные вопросы по методологии оценки регионального углеродного баланса и газовой функции болот по отношению к атмосфере. Критически анализируется положение о большом углеродном дисбалансе на территории России. В связи с наличием в обводненной толще торфяников преимущественных газовых потоков конвективной природы подвергается сомнению адекватность методологии оценки газовой функции болот на базе камерно-статических (локальных) измерений газовых эмиссий по элементам болотного ландшафта с последующей экстраполяцией на большие площади с помощью ГИС-технологий. Анализируются роль сорбции газов в их депонировании и транспорте в торфяной залежи, а также вопросы математического моделирования в связи с оценкой газообмена с атмосферой.*

*Введение.* Публикация автором работ [1, 2] по спорным вопросам газообмена почв и атмосферы, а также защищенная под его руководством в МГУ им. М.В. Ломоносова кандидатская диссертация Н.А. Шнырева «Режимные наблюдения и оценка газообмена на границе почвы и атмосферы (на примере потоков метана стационара среднетаежной зоны Западной Сибири «Мухрино»)» [3], отраженная в наших статьях [4-8] вызвали в научном сообществе оживленную дискуссию на страницах югорского журнала «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» (ДОСиГК) [9-18]. По не зависящим от него причинам автор не мог долгое время высказать публично ответное мнение по суждениям, замечаниям и критике, прозвучавшим в данных публикациях, и сейчас осуществляет это, пользуясь трибуной представительного научного форума в виде X Всероссийской школы «Болота и биосфера» с международным участием, надеясь, что круг обсуждаемых методологических проблем будет интересен и полезен не только для опытных специалистов, но и для молодых участников и слушателей школы. В рамках научной публикации неуместно комментировать вопросы этики и стиля полемики, затронутые в развернувшейся на страницах ДОСиГК дискуссии, но автор считал [1] и продолжает считать, что примеры эпотажного, выходящего за рамки корректности, недоброжелательного и зачастую бессодержательного *разглагольствования*, демонстрируемые в полемике главным редактором журнала и его молодыми коллегами [11-17], неприемлемы для научного издания и чужды понятию интеллигента. Переходя к существу дела, обозначим для новых читателей и скорректируем для участников дискуссии в связи с ее развитием перечень спорных вопросов и положений по газообмену почв и атмосферы.

*Дискуссионные методологические вопросы газообмена.*

1. Адекватно ли отражает поверхностная эмиссия углеродсодержащих газов их продуцирование в почве и соответствующую диссимиляционную компоненту С-цикла?

2. Значительный положительный дисбаланс круговорота углерода (сток) на территории России доказанный факт или методологический артефакт?

3. Значение и физические механизмы внутрпочвенной межфазной аккумуляции и преимущественных (локальных, сезонно-периодических) газовых потоков (выбросов газов) в формировании газовой функции болотных ландшафтов; надо ли и как их учитывать?

4. Адекватна ли для оценки газообмена болот с атмосферой методика камерно-статического замера потоков по элементам ландшафта с последующей ГИС-экстраполяцией и полученная на ее основе оценка вклада западносибирских болот РФ в глобальную эмиссию метана?

5. Качество простых распределенных моделей динамики газов в ветландах и методы оценки газообмена на их основе: результативность или дезинформация?

*Обсуждение результатов и мнений.* По первым двум вопросам приведенного выше списка откликнулось наибольшее количество специалистов [9, 10, 12-14, 18]. В работе [10] содержится четкая формулировка по существу базового для оценки газообмена почв и атмосферы методологического положения: «для сезонного и годового временных интервалов кумулятивная эмиссия парниковых газов (с поверхности) приближается к их продуцированию (в объеме почвы)». Тем самым, изучая эмиссию С-газов с поверхности, мы в состоянии адекватно оценить диссимиляционную компоненту углеродного цикла на данной территории после разделения полученных данных по дыханию почв на микробную и корневую составляющие, как это принято в подавляющем большинстве современных работ. На наш взгляд, это весьма спорное утверждение. Ключевая проблема заключается в том, что динамическая почвенная система по большей части *функционирует в нестационарном режиме*, аккумулируя в своем объеме и выделяя в атмосферу С-газы, причем не только с верхней границы. Рассмотрим данные [19] по численному моделированию газового профиля (аккумуляции биогенного CO<sub>2</sub>) в автоморфной дерново-подзолистой суглинистой почве с типичной величиной эффективного коэффициента диффузии в 100 см<sup>2</sup>/ч, характерного для пористости аэрации порядка 40 % (рис. 1-А). Как видно, после биологической паузы (зимний сезон) выход на стационарное состояние, при котором поверхностная эмиссия и gross продуцирования газа всей почвенной толщей становятся равными, занимает срок не менее 1 месяца. Вероятные в весенний и ранне-летний период мощные ливневые осадки будут резко нарушать такое равновесие с фактически мгновенным вытеснением аккумулированного и адсорбированного газа в атмосферу [20], что большинством исследователей, по-видимому,

необоснованно воспринимается лишь как однозначная стимуляция биологической активности ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

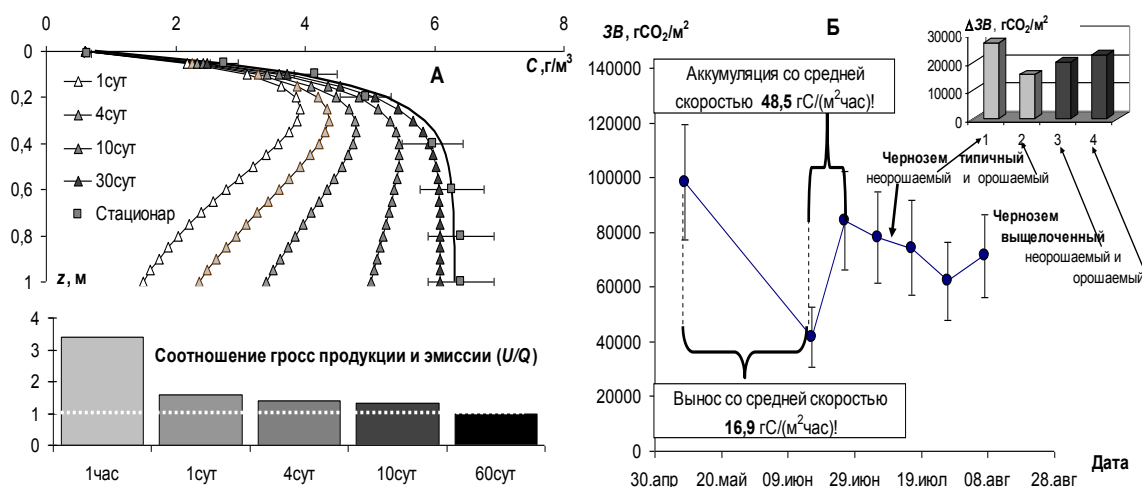


Рисунок 1. Нестационарные внутрпочвенные процессы газовой динамики: **А** – развитие газового профиля после зимы и аккумуляция CO<sub>2</sub> в 1м толще дерново-подзолистой почвы [19]; **Б** – аккумуляция и вынос CO<sub>2</sub> карбонатов из 1,5 м толщи черноземов по данным [23].  $C$ , г/м<sup>3</sup> – концентрация CO<sub>2</sub> в почвенном воздухе,  $ЗВ$ , г/м<sup>2</sup> – запасы CO<sub>2</sub> карбонатов.

(«эффект Берча» по [21]). Вслед за этим наступает новая релаксация к равновесию, растянутая во времени, и так может повторяться много раз за сезон. По аналогии и разгрузка газа, аккумулированного в почвенной толще, заметим, не только в почвенном воздухе, но и в находящихся с ним в равновесии двух других физических фазах почвы, при наступлении зимних холодов и подавлении биологической активности будет осуществляться также долго. Для автоморфных почв с глубоким залеганием уровня грунтовых вод и очень большим объемом, способным вмещать газ, вообще нет уверенности, что посезонный цикл аккумуляции (весна-лето) и разгрузки (осень-зима) обеспечивает выход за год всего накопленного газа, и что часть его, стекая в глубокие горизонты не депонируется там на более долгий чем 1 год время. В этой связи отдельного внимания заслуживает конвективный механизм гравитационного стекания CO<sub>2</sub> в почвах (рыхлых отложениях), приводящий к стоку из атмосферы и из почвенного воздуха верхних, обогащенных источниками слоев, вглубь почвы. Данный механизм четко подтверждается опытами с вертикально и горизонтально расположенными почвенными колоннами [19], но до сих пор не имеет должного количественного описания и учета в почвенных моделях. По-видимому именно он, и в меньшей мере подземные биодеструкционные и хемосинтетические процессы, приводят к значительному (3-10 %) и выше, согласно [22] содержанию CO<sub>2</sub> в воздухе некоторых пещер, штолен и глубинных вертикальных колодцев. Важно, что гравитационный сток CO<sub>2</sub> в газовой и жидкой фазах почвы продолжается и при нулевых градиентах концентрации, часто

формирующихся в почве с глубиной и формально дающих в обычных моделях с диффузией нулевой перенос.

Наряду с периодической аккумуляцией биогенного  $\text{CO}_2$  в составе почвенного воздуха, жидкой и твердой фаз внутри большого объема автоморфных почв и подстилающих их рыхлых отложений, вероятны механизмы периодического стока и выделения (выноса), связанные с сезонной трансформацией этого газа при растворении и последующих реакциях карбонатно-кальциевого равновесия. На рис. 1-Б приведены обработанные нами данные [23] по послойной (через 10 см) динамике  $\text{CO}_2$  карбонатов черноземов, демонстрирующие крайне высокие значения сезонных изменений запасов в 1,5 метровой толще до 30-60  $\text{кг}/\text{м}^2$  с расчетными скоростями выноса/аккумуляции в 20-50  $\text{гC}/(\text{м}^2\text{час})$ , что значительно выше регистрируемых в таких почвах эмиссионных потоков, обычно не больше 1  $\text{гC}/(\text{м}^2\text{час})$ . Поскольку меняются суммарные запасы во всем объеме, это не может быть внутренним перераспределением карбонатов, а характерная глубина промачивания в таких почвах при осадках порядка 600-650 мм, не превышающая 170-180 см [24], на наш взгляд, исключает значительное удаление углерода карбонатов в форме растворов с глубины 150 см в нижележащую толщу или возврат из нее с восходящими токами влаги. Итоговый дисбаланс за сезон (до 90 дней) получается отрицательным (удаление  $\text{CO}_2$  из 1,5 метровой толщи) и оценивается по приведенным в исследовании [23] данным для орошаемых и неорошаемых черноземов типичных и выщелоченных в 15-25  $\text{кг CO}_2/\text{м}^2$  за сезон (врезка на рис. 1-Б), что на порядки превышает все известные оценки эмиссионных потоков этого газа при дыхании почв!

В почвах гидроморфных ландшафтах, включая болота, с относительно малым объемом газовой фазы, сезонные циклы аккумуляции-разгрузки С-газов учащаются (до 10 смен в сезон [19]), причем доминирующее значение в газообмене с атмосферой здесь, по-видимому, приобретают преимущественные газовые потоки в виде локальных выбросов, к обсуждению которых мы вернемся позже. Для метана в ветландах существует мощный (20-80 % от восходящего к атмосфере потока) внутренний сток вследствие метанотрофного фильтра [1, 2, 19]. Можно не соглашаться вслед за [14] с нашим [1] нарочито утрированным примером по потенциально высокому (до 50 %) с учетом действия метанотрофного фильтра вкладу метана в общий поток газообразного углерода в атмосферу из болот, хотя и такие оценки встречаются в литературе [25], однако мои оппоненты [14], вероятно, не станут отрицать

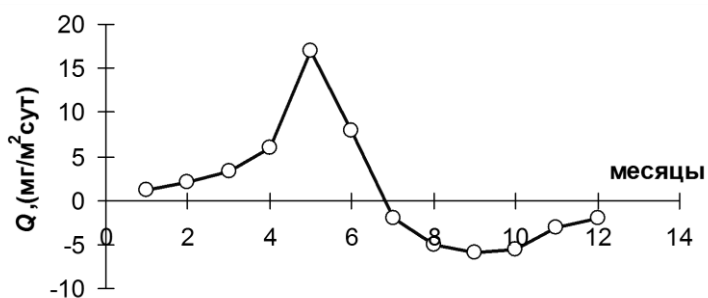


Рисунок 2. Сезонная динамика выделения ( $Q^+$ ) и поглощения ( $Q^-$ ) метана на примере болота в Вирджинии (по [26]).

главное – gross продуцирование метана толщей болота может существенно (до 5 раз по [1] или в среднем для болот в 2,7 раза по [14]) превышать эмиссию этого газа в атмосферу, а для болотных элементов с глубоким залеганием уровня вод, вообще полностью блокировать вынос в атмосферу. Очевидно, метанотрофное поглощение будет происходить и при обратных потоках  $CH_4$  из атмосферы в почву, причем как на обводненных участках с интенсивной генерацией и выбросами метана, если только это не мочажины и внутриболотные озера, так и на соседних дренированных территориях. На этот механизм будет накладываться нестационарность и сезонные изменения в интенсивностях выделения и поглощения метана. В результате ряд болотных экосистем в годовом цикле, по-видимому, вообще может быть близок к нулевому балансу по метану в отношении газообмена с атмосферой, как, например, в [26] (рис. 2).

Гравитационное перемещение С-газов в составе газовой и жидкой фаз, а также нисходящая диффузия, возникающая при наличии стационарных (гидроморфные почвы) или нестационарных газовых профилей с экстремумом, способствуют формированию противоположного эмиссии оттока с нижней границы почвы при контакте с подвижными грунтовыми водами. Для почв в целом такие контрпотоки, по-видимому, не превышают первых процентов от восходящей эмиссии в атмосферу [19]. К сходному выводу приходят мои оппоненты [13], анализируя причины углеродного дисбаланса в РФ и определяя суммарный гидрологический сток углерода в стране (7 Мт) на фоне эмиссионных потерь из почв в атмосферу в 5-6 Гт углерода. Вместе с тем для болотных ландшафтов, как показывают элементарные расчеты по концентрациям растворенных газов и модулю стока, гидрологический вынос может быть значительным [19, 27]. По оценке [28] перенос газов с болотными водами (10–30 г/(м<sup>2</sup>год)) может быть соизмерим с их эмиссией (20–60 г/(м<sup>2</sup>год)), а в отдельных случаях даже превышать таковую. Можно усомниться в правильности такой оценки, равно как и в гипертрофированных, на наш взгляд, по причине методических ошибок, оценках: 95 % сток  $CO_2$  с болотными водами, 5 % – дыхание по [29] или



1000–2000 мгСН<sub>4</sub>/(м<sup>2</sup>сут) по [30]), однако, очевидно, что сток растворенных С-газов и их химических соединений в гидроморфных экосистемах будет существенно больше чем в автоморфных почвах. Резюмируя информацию по дискуссионному вопросу № 1, выскажем следующие соображения. По-видимому только для хорошо аэрируемых легких почв при относительно неглубоком (первые метры) залегании грунтовых вод, малой адсорбции, небольшом количестве растворенного СО<sub>2</sub> и малых суммарных запасах этого газа (первые граммы на м<sup>2</sup> по [19]) gross продуцирование и эмиссия в годовом цикле близки друг к другу. В таком случае оценка почвенного биологического источника С-газов и его вклада в атмосферу по эмиссии с поверхности принципиально возможна при условии детализации сезонных измерений (преодоление дисбаланса из-за нестационарности) и учета пространственного варьирования. В других почвах, включая болотные, *эмиссия с поверхности неадекватна gross продуцированию С-газов*, то есть их биологическому источнику, который требуется оценить при расчетах углеродного баланса территории, и главные причины такого несоответствия – нестационарность функционирования с фазами аккумуляции и разгрузки больших (десятки и сотни граммов на м<sup>2</sup>) внутрисочвенных запасов С-газов во всех физических фазах почвы, нисходящие вертикальные и латеральные потоки, удаляющие газообразный и растворенный углерод с других границ элементарного почвенного тела (ареала), а также стохастические преимущественные (локальные) эмиссионные потоки в гидроморфных ландшафтах, учет которых традиционными камерными методами фактически невозможен, а микрометеорологическими или расчетными (по полю концентраций в воздухе) представляется весьма затруднительным по причине их краткосрочности (мощные конвективные выбросы, часто на временных границах смен сезонов [19, 31]).

В связи с этим, по второму дискуссионному вопросу, касающемуся оценки углеродного дисбаланса России в 1 Гт автор, несмотря на многочисленные доводы оппонентов [9, 10, 13], продолжает оставаться при своем ранее высказанном [1, 2] мнении о том, что это скорее методологический артефакт, а не реальность. Он вызван принципиальной с точки зрения автора невозможностью на современном этапе развития науки и технических измерительных средств получить точную оценку подобных балансов в региональных масштабах. Для «политических» решений типа Киотского протокола проще и вернее использовать очевидную с экологической точки зрения идею о нулевом природном балансе углерода и рассматривать лишь негативные его нарушения человеком. Методологическую основу сильного расчетного дисбаланса или «безусловного стока углерода» в РФ по [32], на наш взгляд, составляют указанные выше причины несоответствия поверхностной эмиссии газов их внутрисочвенному биологическому источнику, сильное занижение доли микробного дыхания относительно корневого, использование данных камерного метода оценки газовых эмиссий, малое для

регионального масштаба РФ вообще и крайне малое для Восточной Сибири и Дальнего Востока количество (12 точек), в базе данных [32] по дыханию почв и связанная с этими причинами неопределенность оценки диссимиляционной составляющей углеродного баланса. Ассимиляционная компонента оценивается с большей определенностью, хотя и здесь не исключена субъективность для тех же восточных территорий РФ [33]. Можно согласиться с мнением [10], что «при строгом статистическом подходе дисбаланс в 1 Гт достоверно не отличается от нулевого значения». Аргументы [9, 13] о независимых данных регионального и глобального моделирования углеродного баланса и его составляющих, якобы подтверждающих значительный «неучтенный сток» и локализирующих его в бореальной зоне Северного полушария, на наш взгляд, далеко не безупречны, и вряд ли могут в реальности что либо «подтверждать», и дело здесь не только в большой неопределенности подобных оценок, но и в их методологии. Балансовые калькуляции Глобального Углеродного Проекта или моделей атмосферно-биосферного обмена в наземных экосистемах [9] имеют все перечисленные методологические проблемы и связанную с ними неопределенность оценок, плюс сложности с расчетом глобального океанического стока углерода, такие как периодическое до сих пор не объясненное ослабление и усиление поглощения  $\text{CO}_2$  в океанах Южного полушария, неопределенность (источник или сток) с газообменом в Северном ледовитом океане с учетом значительной аккумуляции  $\text{CO}_2$  в ледяном покрове и мощных локальных выбросов этого газа при таянии и деформации льда, наблюдаемая в последние десятилетия масштабная динамика локальных океанических течений и глобального океанического конвейера в целом, изменения условий перемешивания водных масс и поглощения газа на границе с атмосферой, конвективный вынос  $\text{CO}_2$  из атмосферы с осадками, неучтенный материковый сток и многие иные процессы, вполне способные дать сток или источник в 1-3 Гт и более [34-37].

Более сложное глобальное или региональное процессное моделирование, основанное на физических законах массопереноса в атмосфере и газообмена с подстилающей поверхностью, также вряд ли может дать более определенную оценку для углеродного бюджета больших территорий, как на то надеются [14]. Гидродинамическое моделирование динамики атмосферы во взаимодействии с гидросферой и сушей, тепловым и гравитационным полями планеты крайне сложная задача, в чем легко убедиться на примерах частого несоответствия прогнозов погоды реальности. По-видимому, главная причина – нелинейность глобальной климатической системы и ее способность функционировать в сложных динамических режимах («странный аттрактор» Лоренца), исключающих возможность точного детерминистского прогноза и реконструкции динамики из-за проблемы неопределенности начальных условий. Использование упрощенных вариантов моделей динамики воздушной

примеси эйлерова, лагранжева и смешанного типов и их доступных софтов (FLEXPART, NIES TM, GELCA и др.), с целью решения прямых и инверсионных задач региональной газовой динамики, включая восстановление наземных источников по данным о концентрационных полях примеси в атмосфере, ограничено как недостатком точных данных, особенно для территории РФ, так и принципиальной невозможностью получения однозначных решений без предварительной верификации подобных моделей, априорных оценок газовых потоков тестовых участков на границе с атмосферой с разделением на источники и стоки, а также наземной априорной информации иного рода, в частности, закономерностей пространственного распределения оцениваемых источников и стоков. К тому же и диоксид углерода, и метан, наряду с латеральным воздушным транспортом и вертикальным перемешиванием в атмосфере способны *одновременно выделяться и поглощаться на данном элементе территории*, поэтому без детального изучения закономерностей пространственно-временной динамики этих процессов в экосистемах и их компартментах, включая почвы, невозможно дать определенную оценку источников/стоков газообразного углерода только по концентрационному полю и законам массопереноса в атмосфере, как невозможно по динамике уровня воды в проточном бассейне определить скорость ее стока, не зная интенсивности поступления. На это накладываются проблемы качества обработки данных дистанционного зондирования концентрационных полей в атмосфере и их комбинации с непосредственными измерениями на станциях атмосферного мониторинга типа NOAA. Результаты оценки углеродного баланса (среднегодового потока углерода) России с использованием такой методологии в диссертации [38] дали разброс величин от +0,2 ГтС/год (априорный источник) до -1,4 ГтС/год (комбинация стационарных измерений и спутниковых данных со стандартной обработкой). Авторы [39], в вводной части работы со ссылкой на зарубежные источники, также указывают на большую неопределенность подобной оценки углеродного баланса РФ и, в частности, ее варьирования для сибирских лесов от слабого источника (0,035 Гт/год) до достаточно интенсивного стока (0,42 Гт/год). Из экспериментальной части [39] по непосредственным измерениям профильных распределений концентраций С-газов в атмосфере самолетом-лабораторией АН-30 «Оптик-Э» над Западной Сибирью следует, что с 1997 по 2007 гг. во-первых существует четкий тренд прироста концентрации CO<sub>2</sub>, что, на наш взгляд, не согласуется с идеей мощного «безусловного стока» посредством фотосинтетической ассимиляции на относительно не нарушенных человеком территориях РФ, а во-вторых – то, что ассимиляция этого газа (сток) наблюдается лишь в течение четырех месяцев вегетационного сезона – с мая по август, а в остальное время территория служит столь же сильным источником CO<sub>2</sub>. При этом максимум содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере приходится на апрель, что по-видимому, связано с выбросами аккумулированного ранее газа из почвенной

и снеговой толщии при их прогреве и таянии снега. И лишь для метана по данным [39] наблюдается постоянное круглогодичное превышение концентрации в пограничном слое (0,5-2 км) над фоновым содержанием в более высокой атмосфере, что авторы расценивают как квазистационарный наземный источник этого газа из болот с периодическими всплесками концентраций (атмосферными выбросами) в январе-феврале, июне-июле и октябре-ноябре. С нашей точки зрения фиксируемое в [39] с помощью детальной самолетной съемки сезонное чередование эмиссии и стока  $\text{CO}_2$ , как главного в углеродном балансе газообразного компонента, на уровне Западносибирского региона, явно не дающее доминирования стока над эмиссией, вполне соответствует классическим представлениям о сбалансированности биологического круговорота углерода для сложившихся (зрелых) экосистем в виде приближенного равенства чистой первичной продуктивности и дыхания гетеротрофных организмов, согласно [40]. И тем непонятнее для пишущего эти строки современные результаты по широко рекламируемому в последние годы дорогостоящему методу микровихревых пульсаций [41], на который, как на панацею в измерительных средствах газообмена ссылаются мои оппоненты [13-15], но он почему-то дает для зрелой (200 лет) сосновой экосистемы высокий среднегодовой сток (1,8 тС/га), фактически равный годовому опадению для таких сообществ.

С экологической точки зрения очевидна невозможность длительного стационарного дисбаланса круговорота углерода РФ в 1 Гт, а именно эту цифру мы берем за основу, возражая нашим оппонентам [13], искусственно занижающими ее вдвое, их же словами из следующей за [13] критической работы [14]: для достижения результатов «следует оперировать в расчетах средними значениями». Попытки [13] обнаружить новые элементы «неучтенного стока» сколь либо более первых процентов от данной цифры, то есть, исключая хорошо известный небольшой дисбаланс по причинам сопряженности биологического круговорота с геологическим и выноса углерода в литосферу и гидросферу, прироста голоценовых болот и зарастания пашен РФ, учета эмиссии метана, на наш взгляд не убедительны, строятся на ошибочных расчетах (смешивание детрита, лабильного и стабильного гумуса, гумификация, не компенсируемая биодеструкцией) или на фантастических гипотезах и высказываниях типа «лесные пожары – еще один сток (!!!) углерода», приводящих авторов к столь же фантастическим выводам о сплошных пиролизных пожарах русских лесов с аккумуляцией угля в почвах в 120 Мт/год, что 2-3 раза превышает известные оценки гумификации. Остается гипотеза нестационарности (временного явления дисбаланса), но тогда надо попытаться ее объяснить и ограничить какими-то временными рамками. Идея, высказанная со ссылкой на зарубежные работы в [9], о стимуляции биологической продуктивности глобальным потеплением с повышением содержания атмосферной углекислоты и последующим

долговременным стоком углерода в как в древесине, так и в почве не совсем понятна в связи с односторонним рассмотрением лишь ассимиляционной составляющей круговорота. Согласно [21] современные данные указывают на недавние 30-40-летние тренды повышения не только чистой первичной продукции, но и дыхания почв. Наиболее вероятна причина нестационарности в связи с некоторой синхронностью омоложения значительной части лесов России в естественных циклах роста и распада древостоя и под воздействием лесозаготовок [33]. Но ее надо доказывать, причем на большой площади в относительно нетронутых человеком лесных экосистемах Сибири и Дальнего Востока. Так что пока проблема оценки углеродного баланса РФ содержит больше вопросов, чем ответов.

Можно ли при подобных исследованиях отказаться от детального изучения внутрипочвенных процессов и оценивать лишь газовые потоки на границе почвы с атмосферой, совершенствуя методику их инструментальной оценки с переходом на ландшафтные микрометеорологические методы и дистанционное исследование атмосферы для информационного обеспечения восстановления таких потоков с помощью процессных моделей динамики атмосферы методом обратной задачи, как предлагают [14]? На наш взгляд – нет. В единой методической Программе исследований газовой функции почв и их газообмена с атмосферой, идею создания которой поддержали мои оппоненты [10], такая «поверхностная» методология с организацией равномерной сети станций типа NOAA должна быть необходимой, но не достаточной частью. Хотя бы из-за того, что главная задача современности – не свести углеродный баланс, а дать научно-обоснованный прогноз его динамики при различных сценариях глобальных климатических изменений и научиться им управлять. А сделать это без исследования внутрипочвенных процессов и механизмов генерации, поглощения, транспорта, биогенной и абиотической трансформации С-газов на основе одних лишь корреляций поверхностных потоков с контролирующими гидротермическими факторами, уверен, невозможно.

В этой связи вкратце остановимся на третьем дискуссионном вопросе. С нашей точки зрения [1, 2, 19, 42] для болот, а также ряда других гидроморфных экосистем, урбаногенных и техногенных ландшафтов, например полигонов ТБО, в газовой динамике ключевая роль принадлежит двум малоисследованным на данный момент физическим механизмам (рис. 3):

а) внутрипочвенной межфазной аккумуляции С-газов с запасами в десятки гС/м<sup>2</sup> в болотах и сотни в ландшафлах, причем при низкой пористости аэрации (порядка 10 %) основное количество газов (80-90 % и более) будет сосредоточено на твердой, преимущественно органической фазе в адсорбированном состоянии с неизбежным феноменом поверхностной диффузии в их последующем перераспределении;

б) преимущественными газовыми потоками конвективной природы, периодически выносящими накопленные внутри гидроморфного объекта С-газы в атмосферу и по мощности значительно (на порядок и более) превышающими суммарный за фазу разгрузки вынос С-газов фоновой эмиссией, определяемой стандартным методом камер.

Критика этих важнейших с нашей точки зрения для понимания специфики функционирования болот и формирования их газообмена с атмосферой методологических положений в [12, 14, 18] представляется не обоснованной. Авторы не комментируют исходный тезис, экспериментально подтвержденный исследованиями кафедры физики и

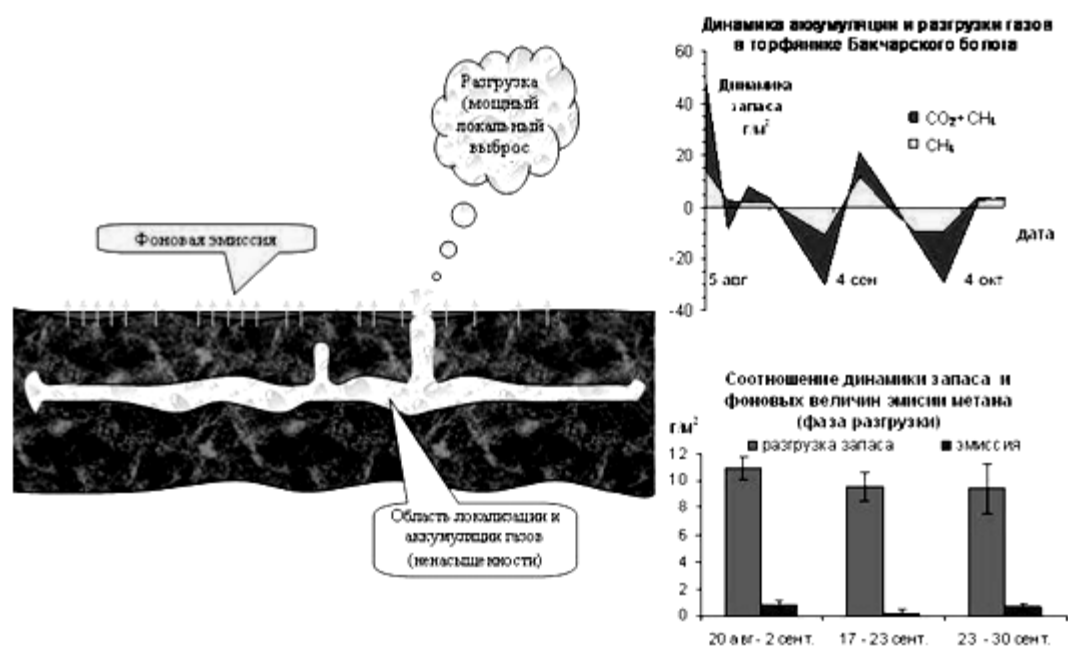


Рисунок 3. Схема формирования преимущественных потоков (выбросов) газов в болотах и количественная оценка этого явления в сравнении с фоновой эмиссией по [2, 19].

мелиорации почв МГУ на Бакчарском болоте в 1998-99 гг. [19, 27, 43, 44] – наличие внутри торфяников протяженных (десятки метров) зон локальной ненасыщенности с аккумуляцией значительных запасов С-газов и кислорода и доминирующей роли адсорбции на торфе в формировании этих запасов. Равно как и ошибки [45], неизбежно возникающие при оценках «актуальной» метаногенной и метанотрофной активности, при игнорировании этого «сверхбыстрого» по терминологии [18] явления на временном отрезке порядка суток, пока устанавливаются межфазные равновесия. Последнее критическое «исследование» при поддержке РФФИ [18] в виде математических расчетов погрешностей обработки экспериментальных данных функции диффузивности полиномом можно было вообще не выполнять, если бы авторы обратили внимание, что критикуемые ими феномен поверхностной диффузии и величина ее коэффициентов в 3-20 раз больших чем в чистой воде, это не статистически не значимый остаточный член экстраполирующего полинома, а реальные

экспериментальные данные, полученные при изоляции проницаемыми для газов пленками полностью насыщенными под вакуумом водой образцов почвы в диффузиметрах, как в наших работах [19], так и у наших коллег по МГУ [46], взявших на вооружение эту методику и получивших сходные результаты для торфов, но близкие к диффузии метана в чистой воде для не сорбирующих образцов легкого гранулометрического состава. Столь же несостоятельна критика второго положения – физического механизма преимущественных газовых потоков, быстро разгружающих С-газы в атмосферу через обводненную вышележащую толщу торфа и их определяющего значения в газообмене болот, предпринятая в [14]. Даже запоздалые откровенные признания [14] в халатности выполнения научных исследований на Бакчарском болоте по оценке динамики профильных распределений газов с использованием предоставленных ему автором мембранных пробоотборников, по результатам которых у нас была, кстати, исходно совместная публикация [44], не являются здесь решающим аргументом. Ведь технически вынужденная замена инертного газа на атмосферный воздух с минимальным на фоне внутрпочвенного воздуха содержанием метана не могла повлиять на концентрацию аккумулируемого через мембраны окружающего болотного газа, равно как и ничтожно малая (порядка 2 мл) порция кислорода, которая закачивалась в пробоотборник при такой замене не могла стимулировать метанотрофное окисление в окружающем торфянике. Очевидны наиболее важные факты, выявленные в ходе этих измерений и позволившие автору предложить пульсационный механизм газовой динамики болотных экосистем с периодическими сменами фаз аккумуляции и разгрузки С-газов (рис. 3). *Это большие концентрации и запасы С-газов внутри болот и периодичность их изменений.* Если конечно, мой постоянный оппонент не признается только в следующей «критической» статье в ДОСигК, что он нарочито закачивал в пробоотборники в больших количествах метан и СО<sub>2</sub> с периодичностью раз в две недели (рис. 3). Но главное – другое. Сам оппонент позже провел и опубликовал лабораторную работу, блестяще подтверждающую тот же самый механизм конвективного выброса в атмосферу газовой фазы в обводненном торфяном образце [47]. Правда, почему-то позабыв при этом сослаться на обсуждаемые выше данные по Бакчарскому болоту и аналогичные наши совместные исследования по профильным распределениям концентраций С-газов, измерению их пневматического (избыточного) давления, коэффициентов воздухопроводности и моделированию преимущественных потоков в ТБО Хметьево во время учебных полевых практик по физике почв, возглавляемых автором. Это описанный в [19] и иллюстрированный примерами для разных почв механизм *вынужденной конвекции* или переноса газа под действием градиента (перепада) пневматического давления, максимальное значение которого в газовой фазе ненасыщенной области торфяника (рис. 3) равно лапласовому давлению барботирования наиболее крупных каналов вышележащей

обводненной толщи или эквивалентной механической энергии, а при отсутствии подобных каналов (что, маловероятно для торфа) – эквивалентно более сложно вычисляемой в [47] работе разрыва (раздвижения) сопротивляющейся массопереносу среды. Но данное явление не надо отождествлять со свободным «пузырьковым» транспортом – *естественной конвекцией* в поле силы тяжести по причине разности плотностей вмещающей среды (воды) и легких газовых пузырьков с атмосферным давлением внутри, фактически мгновенно поднимающихся в столбе жидкости, но не способных перемещаться через извилистую пористую среду с сопротивлением, как ни хотелось бы моим оппонентом [12, 14] убедить в обратном автора и научную общественность.

В связи с четвертым дискуссионным вопросом, отметим, что наличие мощных преимущественных потоков (выбросах) С- газов, в частности, метана в болотах (вполне вероятно они воспринимаются наблюдателями, не просвещенными критикой «дифосфиновой» гипотезы самовозгорания болот [48], как мистические болотные огни) на наш взгляд, девальвируют научную и практическую ценность данных о газообмене болот с атмосферой, получаемых традиционными камерными методами и экстраполируемых потом с помощью ГИС-технологий на большие регионы с целью оценки их вклада в глобальную эмиссию [45, 49]. Вероятность установки камеры на участок, где произойдет конвективный газовый выброс и, соответственно, фиксации его на данном участке при мониторинговых измерениях, крайне низка. Лишь в одной работе [31], известной автору, это удалось сделать, используя фактически непрерывный мониторинг эмиссии шестью автоматическими камерами с частотой измерений раз в 1 час с июня по октябрь. Величины же потоков при этом (8-20 до 100 мгСН<sub>4</sub>/(м<sup>2</sup>час) по [31]) на 1-2 порядка могут превышать фоновые значения эмиссии. Они также могут возникать за пределами вегетационного сезона что, на наш взгляд хорошо объясняет обсуждаемые выше данные [39] о всплесках атмосферных концентраций метана над Западносибирскими болотами на границах смен времен года. По данным [49] максимальные потоки метана наблюдаются в наиболее обводненных ландшафтных элементах болот, включая внутриболотные озера, что, в общем-то, очевидно. Но как можно оценить их реальную интенсивность разовыми замерами «пловучей камерой», которая практически никогда не «поймает» спорадические и локальные конвективные выбросы газа? Казалось бы «спасительные» в этом случае микрометеорологические методы – дороги, требуют стационарной установки, не лишены серьезных проблем в получении и последующей интерпретации данных для расчета потоков, а главное – они осредняют потоки по болотному ландшафту, не позволяя исследовать специфику газообмена его отдельных элементов (мочажин, гряд, рямов и т.д.), что ставит под угрозу предложенную японскими исследователями [50] и взятую на вооружение нашими оппонентами [45, 49] методологию



оценки характерных величин газовых потоков по таким элементам с известной долей площади с последующей экстраполяцией на ландшафтный и более высокие уровни, вплоть до региона, посредством ГИС-технологий. Исследовать и моделировать преимущественные газовые потоки в болотах можно, лишь изучая процессы, формирующие их внутри почвы [19], но для «поверхностной» оценки, вероятно, самой простой будет методика, логически вытекающая из утрированного примера в [17], эпотажно критикующей идею [3] о микрокамерах, кстати успешно использованную ранее в нашей совместной работе по адаптации ПГА-7 к газовому анализу почв [51] и в собственной диссертации нашего главного оппонента при исследовании преимущественного «растительного» и «пузырькового» транспорта [45]. Наши критики не учитывают, что объем камеры, это не всегда произведение площади ее основания на высоту (например, для конической или пирамидальной формы типа «воронки Люндегорда» или «домика Макарова» это не так), но главное – уменьшение высоты до нескольких миллиметров, это не столь уж абсурдная идея, как им кажется. Она давно реализована в планшетных системах оценки дыхания и мультисубстратного тестирования роста микрофлоры, а применительно к исследованию преимущественных потоков в болотах, включая их водные элементы, это вообще может быть наиболее дешевый и эффективный способ. Микрокамеры большой площади, например, в виде двух параллельных листов проницаемой для газов пленки с известной диффузивностью, между которыми нанесено реагирующее на газ данного типа вещество, меняющее при этом цвет. И дистанционные замеры таких измерений с квадрокоптера с последующей оцифровкой по ареалам и плотности окраски. Более трудоемкий «ручной» вариант – стандартные упаковочные пленки с воздушными пузырьками, в которых после экспозиции на поверхности болота (озера) надо определять концентрацию C-газов.

В результате пока, несмотря на большой объем полевых и камеральных работ по камерно-статическому анализу потоков по элементам болотных ландшафтов в природных зонах Западной Сибири, а также труда по детальному ГИС-картографированию их площадей, региональные оценки вклада сибирских бореальных болот в глобальное выделение метана ветландами в несколько первых процентов, представляются нам не вполне обоснованными и заниженными [45, 47, 52, 53]. В этом убеждает и справедливо критикуемый в [3] почти двукратный скачок этих оценок за 1 год (от 5,4 до 2,9 Тг С/год [45, 52]), вследствие смен «стандартных» моделей, при непонятно малой доле (20 %) от, якобы четко зафиксированной авторами общей эмиссии ветландами России в 13,1-13,5 ТгС/год [54] (а где остальные болота, дающие 80 %?), и крайне малой (2,4 %) доле от глобальной эмиссии ветландами. А, главное – это использование некорректной, на наш взгляд, методологии оценки газообмена для ветландов, не учитывающей преимущественные потоки, как в пространственном, так и во

временном аспектах (выбросы на границах сезонов, отчетливо регистрируемые по Западной Сибири данными [39]). То, что результаты оценок опубликованы в рейтинговых зарубежных изданиях [52, 53], не является гарантией их качества и не может быть, с точки зрения автора, доказательством их достоверности.

И здесь, переходя к заключительному дискуссионному вопросу, приведу следующий пример. Замечания автора [1, 2] о серьезных ошибках в формулировании распределенных процессных моделей газовой динамики для почв, а именно об отсутствии учета пористости или фактора межфазных равновесий вместе с пористостью, несмотря на признание главным оппонентом этой, с его слов, «детской болезни» [18], по факту не возымели никакого действия ни на него, ни на участников его группы. Убеждаемся в этом, анализируя публикацию [55] в рейтинговом зарубежном издании, где повторилась та же ошибка, и в последний момент, когда работа уже была принята в печать, авторы, после критических замечаний по отчетам аспирантов на кафедры физики и мелиорации почв МГУ попросту заменили исходную модель на ее стационарный вариант, приравняв к нулю левую часть, где первоначально был компонент  $\partial C/\partial t$ , забыв в спешке подкорректировать дальнейший текст, где так и остались ненужные в этом случае координата времени ( $t$ ) и обозначения ( $\partial$ ) для уравнений в частных производных (см. стр. 15 в [55]). И как они теперь смогут сотрудничать с еще одним моим неожиданным оппонентом [11], у которого подобное «математическое бескультурье» напрочь отбивает «интерес к рассуждениям автора»? По существу же дела, такая замена вряд ли оправдана, так как почвенная физическая система по большей мере функционирует в нестационарном режиме (см. ранее) с периодическими изменениями температуры и влажности, от которых в свою очередь зависят используемые в [55] функции биологической трансформации и диффузивности метана и кислорода. По аналогичной причине нельзя для стратифицированных по температуре, влажности и плотности (пористости аэрации) отложений ввести замену переменных с элиминированием пористости, с чем, очевидно соглашаются мои оппоненты [18].

Вместе с тем простые стационарные процессные модели распределения С-газов в профиле болота или снеговом покрове, конечно же, в правильной форме с учетом пористости, могут быть вполне пригодными для определения газовых потоков на границе с атмосферой методом обратной задачи, в том числе и в зимнее время, составляя альтернативу камерно-статическим измерениям [3, 4-6]. И здесь яростная, зачастую оскорбительная критика [15-17] диссертации [3], где приведены примеры таких исследований, представляется нам также несостоятельной. Авторы [15-17] в трех публикациях на страницах ДОСиГИК, не имеющего четких правил по объему критических статей, кстати, как и импакт фактора РИНЦ, согласно <https://elibrary.ru>, несмотря на убежденность его главного редактора в обратном, с алогичной

ссылкой на недостаток места в подобном журнале на описание достоинств работы, разбирают одни лишь ее недостатки. Забывая, что это фактически единственное в РФ стационарное количественное исследование внутрисочвенных факторов динамики газообмена болот с атмосферой, включающее круглогодичные режимные наблюдения, и впервые установившее для Югры факты отсутствия или неглубокого промерзания торфяника под слоем снега при снижении его влажности и возникновении температурной инверсии с неустойчивой стратификацией, как физических условий внесезонной биологической активности и формирования восходящих конвективных потоков С-газов. Именно эти вопросы, и обработка богатейшего эмпирического материала с использованием оригинальных процессных моделей профильного распределения газов были здесь по выражению [15] «ключевыми» а, вовсе не анализ недостатков микрометеорологических методов или региональных оценок эмиссии метана из работ [45, 49, 52, 54]. То, что математическая задача оценки потоков по процессным моделям распределения газов в толще снега или торфа относится к классу некорректных [16], очевидно не может быть аргументом против [3], в противном случае надо оказаться от всех методов обратных задач, включая обсуждаемые выше оценки по моделям динамики атмосферы, содержащим много больше параметров и, соответственно, возможных погрешностей в оценке при их изменениях, согласно доводам [16]. Но в [16] для убеждения непросвещенных читателей в непригодности «метода Шнырева» используют следующий, поистине «некорректный» ход: вместо варьирования параметров модели или входных данных по газовым профилям, чтобы оценить погрешности, [16] подменяют саму модель и заложенную в ней физически понятную идею о линейном снижении метанотрофной функции с глубиной в аэрированной толще на некую сложную кусочно-непрерывную функцию с 4 изгибами, возрастанием и убыванием на отрезках, якобы более реалистичную для всей (а не аэрированной как в [3]) торфяной толщи. Конечно, не удивительно, что при этом получается для исходного профильного распределения метана, совершенно иное значение восстановленного потока, даже с противоположным знаком. Окончательный «аргумент» такого же рода – две точки профильного распределения, расчет по которым с использованием первого закона Фика случайно совпадает с оцененной величиной потока (попробуйте взять другие точки из распределения и убедитесь, какова реальная точность подобных расчетов для нелинейного распределения), и безапелляционный вердикт о непригодности метода и некомпетентности диссертанта с его научным руководителем.

Не понимая истинных причин нападков такого рода в наш адрес, научный руководитель, завершает эту статью, а вместе с ней и участие в дискуссии по вопросам газообмена с атмосферой, полемизировать по которым с к.б.н. М.В. Глаголевым считает непозволительной для себя тратой времени. Обращаясь к его молодым соавторам, которых относил и отношу к

наиболее талантливым и перспективным ученым из выпускников нашей кафедры последних лет, хочу напомнить непреложную, в отличие от наших научных знаний и наукометрических систем, евангельскую ИСТИНУ о чужих соринках и своих бревнах в органах зрения. И на правах, вероятно, теперь постоянного пациента офтальмологической клиники Глаголев и К<sup>о</sup>, открытой за государственный счет на базе ж. ДОСиГИК, прошу ее медперсонал вначале пройти курсы повышения квалификации от топорного лесоруба до трелевщика собственных бревен, приступая к очередной операции по просвещению научного и профессорско-преподавательского состава ведущих институтов и вузов страны.

### Список литературы

1. Смагин, А.В. Спорные вопросы количественной оценки газовых потоков между почвой и атмосферой (к дискуссии М.В. Глаголева и А.В. Наумова) // ДОСиГИК. – 2014. – Т. 5. – № 2 (10). – С. 10–25.
2. Смагин, А.В. Дискуссионные вопросы теории парникового эффекта и газообмена почвы с атмосферой – С. 123–161.
3. Экологическое почвоведение: этапы развития, вызовы современности. К 100-летию Глеба Всеволодовича Добровольского / Под ред. С.А. Шобы, Н.О. Ковалевой. – М.: ГЕОС, 2015. – 448 с.
4. Шнырев, Н.А. Режимные наблюдения и оценка газообмена на границе почвы и атмосферы (на примере потоков метана болотного стационара средне-таежной зоны Западной Сибири «Мухрино»): Дис. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 2016. – URL: <https://istina.msu.ru/dissertations/18838290/>
5. Смагин, А.В., Шнырев, Н.А., Витязев, В.Г. К теории профильно-градиентного метода оценки эмиссии метана из болот в зимнее время // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 2. – С. 23–30.
6. Шнырев, Н.А., Смагин, А.В. Модель динамики метана в профиле и методика оценки потока метана на поверхности по данным о профильном распределении концентраций в торфе // Материалы 18-ой Международной Пушинской школы-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века», 21-25 апреля 2014 г. – Пушкино. – С. 310–311.
7. Смагин, А.В., Шнырев, Н.А. Потоки метана в холодное время года: распределение и массоперенос в снежном покрове болот // Почвоведение. – 2015. – № 8. – С. 943–951.
8. Смагин, А.В. Кинетическая оценка газообмена между почвой и атмосферой камерно-статическим методом // Почвоведение. – 2015. – № 7. – С. 824–831.
9. Смагин А.В., Шнырев, Н.А., Садовникова, Н.Б. Потоки метана в холодное время года: оценка методом закрытых камер // Почвоведение. – 2016. – № 2. – С. 227–234.
10. Курганова, И.Н., Кудяров, В.Н. Возможен ли значительный положительный дисбаланс круговорота углерода (сток) на территории России? // ДОСиГИК. – 2015. – Т. 6. – № 1. – С. 32–35.
11. Евдокимов, И.В., Ларионова, А.А. Соображения к дискуссии, предложенной А.В. Смагиным // ДОСиГИК. – 2015. – Т. 6. – № 1. – С. 36–38.
12. Лапина, Л.Э. Ответ А.В. Смагину // ДОСиГИК. – 2015. – Т. 6. – № 1. – С. 39–41.
13. Глаголев, М.В. Ответ А.В. Смагину: I. Об этике дискуссий и немного о науке // ДОСиГИК. – 2014. – Т. 5. – № 2. – С. 26–49.
14. Глаголев, М.В., Сабреков, А.Ф. Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России // ДОСиГИК. – 2014. – Т. 5. – № 2. – С. 50–69.
15. Глаголев, М.В., Филиппов, И.В. Ответ А.В. Смагину: III. О метанотрофном фильтре и конвективной разгрузке в атмосферу // ДОСиГИК. – 2015. – Т. 6. – № 1. – С. 42–54.
16. Сабреков, А.Ф., Глаголев, М.В. О диссертации Н.А. Шнырева: I. Микрометеорология и другие замечания // ДОСиГИК. – 2016. – Т. 7. – № 2. – С. 26–37.
17. Глаголев, М.В., Сабреков, А.Ф. О диссертации Н.А. Шнырева: II. Главные замечания // ДОСиГИК. – 2016. – Т. 7. – № 2. – С. 38–55.
18. Глаголев, М.В., Терентьева, И.Е. О диссертации Н.А. Шнырева: III. Работы «группы Глаголева» и другие замечания // ДОСиГИК. – 2016. – Т. 7. – № 2. – С. 56–65.
19. Глаголев, М.В., Сабреков, А.Ф., Терентьева, И.Е. Ответ А.В. Смагину: IV. Поверхностная диффузия или случайный шум? // ДОСиГИК. – 2017. – Т. 8. – № 1. – С. 55–65.
20. Смагин, А.В. Газовая фаза почв. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2005. – 301 с.

21. Смагин, А.В., Садовникова, Н.Б., Щерба, Т.Э., Шнырев, Н.А. Абиотические факторы дыхания почв // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 5–13.
22. Карелин, Д.В., Замолотчиков, Д.Г., Исаев, А.С. Малоизвестные импульсные составляющие почвенной эмиссии диоксида углерода в таежных лесах // ДАН. – 2017. – Т. 475. – № 4. – С. 473–476.
23. Андрейчук, В., Телешман, І., Купріч, П. Просторово-динамічні особливості розподілу CO<sub>2</sub> у повітрі печери Попелюшка // Спелеологія і карстологія. – 2011. – № 7. – С. 15–25.
24. Парфенова, О.А., Бутова, Л.С. Влияние орошения на миграцию карбонатов в профиле лесостепных черноземов // Молодой ученый. – 2015. – № 7 (3). – С. 53–58.
25. Морозов, И.В., Безуглова, О.С., Минаева Е.Н., О формировании карбонатного горизонта черноземов обыкновенных карбонатных Нижнего Дона // Живые и биокосные системы. – 2017. – № 22. – 14 с.
26. Svensson, B.H., Rosswall, T. In situ methane production from acid peat in plant communities with different moisture regimes in a subarctic mire // OIKOS. – 1984. – Vol. 43. – P. 341–350.
27. Тоор, Е., Pattey, E. Soils as sources and sinks for atmospheric methane // Can. J. Soil Sci. – 1997. – Vol. 77. – P. 167–178.
28. Смагин, А.В., Смагина, М.В., Вомперский, С.Э., Глухова, Т.В. Особенности генерирования и выделения парниковых газов в болотах // Почвоведение. – 2000. – № 9. – С. 1097–1105.
29. Наумов, А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности: Автореферат дис. ... докт. биол. наук. – Томск: ТГУ, 2004. – 37 с.
30. Зайдельман, Ф.Р., Кожевин, П.А., Шваров, А.П., Павлова, Е.Б., Горленко, М.В. Влияние разных способов пескования на биологическую активность и элементы газового режима осушенных торфяных почв // Почвоведение. – 2001. – №2. – С. 234–244.
31. Сирин, А.А. Водообмен и структурно-функциональные особенности лесных болот: Автореферат дис. ... докт. биол. наук. – М.: ИЛАН, 1999. – 44 с.
32. Mastepanov, M., Sigsgaard, Ch., Dlugokencky, E.J. [et al.] Large tundra methane burst during onset of freezing // Nature. – 2008. – Vol. 456 (4). – P. 628–631.
33. Курганова, И.Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в экосистемах России: Автореферат дис. ... докт. биол. наук. – М.: МГУ, 2010. – 36 с.
34. Федоров, Б.Г., Моисеев, Б.Н., Синяк, Ю.В. Поглощающая способность лесов России и выбросы углекислого газа энергетическими объектами // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 3. – С. 127–142.
35. Нагурный, А.П. О роли льда северного ледовитого океана в сезонной изменчивости концентрации двуоксида углерода в северных широтах // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 1. – С. 65–71.
36. Савенко, В.С. О неравном поглощении океаном атмосферного CO<sub>2</sub> // ДАН. – 2011. – Т. 438. – № 6. – С. 803–805.
37. Карлин, Л.Н., Малинин, В.Н., Образцова, А.А. Пространственно-временные изменения потока CO<sub>2</sub> в системе «океан-атмосфера» // Известия Русского географического общества. – 2012. – Т. 144. – № 5. – С. 27–36.
38. Landschützer, P., Gruber, N., Naumann, F.A. [et al.] The reinvigoration of the Southern Ocean carbon sink // Science. – 2015. – Vol. 349 (6253). – P. 1221–1224.
39. Журавлев, Р.В. Восстановление пространственно-временной структуры источников и стоков диоксида углерода по данным глобальных наблюдений: Автореферат дис. ... канд. ф/м. наук. – Долгопрудный: ФГБУ «Центральная Аэрологическая Обсерватория», 2012. – 26 с.
40. Аршинов, М.Ю., Белан, Б.Д., Давыдов, Д.К. [и др.] Пространственная и временная изменчивость концентрации CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в приземном слое воздуха на территории Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С. 183–192.
41. Кобак, К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.
42. Шибистова, О.Б., Ллойд, Д., Колле, О. [и др.] Оценка аккумуляции CO<sub>2</sub> сосновым древостоем методом микровихревых пульсаций // ДАН. – Т. 383. – № 3. – С. 425–429.
43. Смагин, А.В., Долгих, А.В., Карелин, Д.В. Экспериментальные исследования и физически обоснованная модель эмиссии диоксида углерода из вскрытого культурного слоя в Великом Новгороде // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 489–495.
44. Поздняков, А.И., Шеин, Е.В., Паников, Н.С. [и др.] Локализация парниковых газов в торфяной толще болот Западной Сибири // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С. 697–700.
45. Глаголев, М.В., Смагин, А.В. Количественная оценка эмиссии метана болотами: от почвенного профиля – до региона (к 15-летию исследований в Томской области) // Доклады по экологическому почвоведению. – 2006. – Вып. 3. – № 3. – С. 75–114.
46. Глаголев, М.В. Эмиссия CH<sub>4</sub> болотными почвами Западной Сибири: от почвенного профиля до региона: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 2010. – 24 с.
47. Можарова, Н.В., Ушаков, С.И. Роль диффузионной проницаемости почв в регулировании эмиссии метана на газоносных территориях // ДАН. – 2004. – Т. 399. – № 3. – С. 425–429.
48. Глаголев, М.В., Клепцова, И.Е. К вопросу о механизме выхода пузырьков метана из торфяника // ДОСигИК. – 2012. – Т. 3. – № 3. – С. 54–63.

49. Глаголев, М.В., Клепцова, И.Е. «Дифосфиновая» гипотеза самовозгорания болот сомнительна // ДОСигИК. – 2013. – Т. 4. – № 1. – С. 1–25.
50. Терентьева (Клепцова), И.Е. Региональная оценка эмиссии метана из болот тайги Западной Сибири методом дистанционного зондирования: Автореферат дис. ...канд. биол. наук. – М.: МГУ, 2017. – 24 с.
51. Tamura, M., Yasuoka, Y. Observation of West Siberian wetlands using remote sensing techniques for estimating methane emission // IV Symposium on the join Siberian permafrost studies between Japan and Russia in 1995. – Sapporo: Kohsoku Print. Cent., 1999. – P. 133–138.
52. Смагин, А.В., Глаголев, М.В., Суворов, Г.Г., Шнырев, Н.А. Методы исследования потоков газов и состава почвенного воздуха в полевых условиях с использованием портативного газоанализатора ПГА-7 // Вестн. Моск. ун-та, сер. 17. Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 29–36.
53. Glagolev, M., Kleptsova, I., Filippov, I., Maksyutov, S., Machida, T. Regional methane emission from West Siberia mire landscapes // Environ. Res. Lett. – 2011. – Vol. 6 (4). – 20 p.
54. Bohn, T.J., Melton, J.R., Ito, A., [et al.] WETCHIMP-WSL: intercomparison of wetland methane emissions models over West Siberia // Biogeosciences. – 2015. – Vol. 12 (11). – P. 3321–3349.
55. Dias, V.N., Glagolev, M.V., Filippov, I.V., [et al.] Methane emissions from russian wetlands: the state of the problem. // WETPOL 2013: 5th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control (October 13–17, 2013, Nantes - France). MINES Nantes. – 2013. – P. 280–281.
56. Sabrekov, A.F., Glagolev, M.V., Alekseychik, P.K. [et al.] A process-based model of methane consumption by upland soils // Environ. Res. Lett. – 2016. – Vol. 11 (7). – 22 p.

## **FINAL COMMENTS TO DISCUSSION ISSUES ON GAS EXCHANGE OF WETLANDS AND ATMOSPHERE**

**Smagin A.V.**

*Disputed questions on the methodology for estimating the regional carbon balance and gas function of wetlands in relation to the atmosphere are discussed. The situation of a large carbon imbalance in the territory of Russia is critically analyzed. Due to the presence of preferential convective gas flows in the watered thickness of peat bogs, the adequacy of the methodology for estimating the gaseous function of wetlands on the basis of chamber-static (local) measurements of gas emissions from elements of the bogs landscape and subsequent extrapolation to large scales using GIS technologies is questioned. The role of sorption of gases in their deposition and transport inside the peat strata is analyzed, as well as the problems of mathematical modeling in connection with the assessment of gas exchange with the atmosphere.*

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОРЕСУРСНАЯ ОЦЕНКА ПОСТБОЛОТНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Уланов А.Н. <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное унитарное предприятие «Кировская лугоболотная опытная станция» г. Киров, Россия, e-mail: bolotoagro50@mail.ru

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Вятская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: bolotoagro50@mail.ru

*В практике современного природопользования болотные образования имеют множество применений. Одно из них – промышленная добыча торфяного сырья. В статье предложены некоторые подходы к формированию качественно новой конструкции более продуктивного ландшафта на месте техногенно нарушенных выработанных земель, с последующей максимально полной его хозяйственно-биоресурсной оценкой.*

*Введение.* Приостановившаяся в 90-х годах кампания по добыче торфяного сырья вновь начинает набирать обороты. Во многих регионах России имеющих достаточные торфяные ресурсы всегда велик соблазн у местного руководства использовать торф в качестве дешевого, экологически чистого, местного топлива. Не является исключением и Кировская область на долю, которой приходится около 40 % всего фрезерного торфа добываемого в России для решения энергетических проблем муниципальных служб. В результате количество отработанных торфяников продолжает увеличиваться. Так, в Кировской области этих земель уже более 100 тыс. га. В 70-80-х годах прошлого столетия в условиях достаточного количества удобрительных средств эти техногенные территории активно осваивались в сельскохозяйственном производстве. В настоящее время ситуация кардинально изменилась. Из-за частичного или полного нарушения работы большинства мелиоративно-осушительных систем, отсутствия надлежащего ухода за ними и ремонта, недостаточного количества удобрений и ряда организационных причин эффективность сельскохозяйственного использования выработок значительно снизилась. Свою негативную лепту в изменение водного режима вносят стремительно размножающиеся популяции бобров.

В результате отдельные высокопродуктивные в прошлом кормовые поля частично или полностью вновь заболачиваются, зарастают древесно-кустарниковой и болотной растительностью. Происходит внутрискруктурная перестройка культурного лесолугового агроландшафта с доминированием луговой культуры в постболотные лесо-кустарниково-разнотравно-осоковые ландшафты, где значительную его часть занимают вторичные лесные фитоценозы. Изменение структуры ландшафта в свою очередь неизменно приводит к биоресурсной перестройке экосистемы. В своем новом обличье преобразованные ландшафты

могут располагать более разнообразными природными ресурсами. Здесь возможны любые варианты, даже такие, когда товарная стоимость лесных, охотничье-промысловых, грибных, ягодно-лекарственных и других безопасно извлекаемых из природной среды в денежном эквиваленте может значительно превышать стоимость сельскохозяйственной продукции.

Целью настоящей работы является сравнительная оценка природно-ресурсного потенциала постболотных лесолуговых ландшафтов на фоне их основных производственных возможностей. В качестве примера взят типичный низинный торфомассив «Гадовское» Кировской области общей площадью 3000 га выработанной на 2/3 в 40-60-х годах прошлого столетия.

**Сельскохозяйственное использование.** Как уже было отмечено, в условиях хорошей обеспеченности удобрительными средствами большая часть выработанных площадей отводится под кормопроизводство. Прежде всего, это хорошо осушенные, отофованные участки обустроенные системой двустороннего регулирования водного режима. Как среда обитания для кормовых культур выработанные торфяники имеют ряд нежелательных особенностей – не отрегулированный пищевой режим и крайне не благоприятный температурный. Если хроническое отсутствие в почве фосфора, калия, ряда микроэлементов (Cu, Mo, B, Co) можно восполнять с помощью соответствующих удобрений, то изменить тепловой режим органической почвы и приземного слоя воздуха почти не представляется возможным. В результате большинство растений могут попасть под губительное действие адвективно-радиационных заморозков в течение всего вегетационного периода. В отдельные дни (за исключением июля) сила заморозков достигает минус 4-7 °С.

Это обстоятельство значительно снижает видовой состав кормовых культур и, как следствие, производственные возможности торфяных и выработанных почв. Основу кормопроизводства составляют многолетние злаковые травы, как наиболее устойчивые к заморозкам, условиям перезимовки и некоторому избытку азотного питания. Это, прежде всего, кострец безостый, тимофеевка луговая, овсяница луговая и различные комбинации травосмесей с их участием. Разработаны кормовые средообразующие, почвозащитные севообороты, где доля многолетних трав составляет 60-70 %. Для приготовления некоторых видов объёмистых кормов в структуру севооборота включают однолетние травы. Среди них: овес, ячмень (на фураж), горох, вика, рапс яровой, сурепица, редька масличная, просо, суданка и др. Кроме кормовых функций экологическая роль многолетних трав сводится к снижению биохимической сработки органического вещества торфа, происходящей в процессе сельскохозяйственного использования этих объектов.



Под кормовыми культурами занято более половины торфомассива «Гадовское». Как показывает многолетний опыт этой территории достаточно чтобы обеспечить объёмистыми кормами в круглогодичном режиме поголовья КРС в 1000 голов.

При оценке результативности сельскохозяйственного использования угодий используют различные экономические показатели. В рамках настоящей работы приводится лишь стоимость произведенной сельскохозяйственной продукции с единицы площади. В ценах 2015-2017 гг. она составила около 40 тыс. руб./га ежегодно. В пересчете на всю эксплуатируемую площадь (1700 га) общая стоимость продукции составляет около 68 млн. руб. (табл.).

**Лесохозяйственное использование.** До осушения болотные ландшафты чаще всего входили в земли Гослесфонда. Поэтому, на некоторых торфомассивах после завершения фрезерной торфодобычи производится посадка вторичных, преимущественно хвойных, вторичных лесов. Однако, на практике это осуществляется без необходимого почвенно-мелиоративного обследования, без учета степени сработки залежи и состояния водного режима. В результате значительная часть высаженных культур не приживается, либо в дальнейшем не дают ожидаемого объёма товарной древесины.

Между тем, многолетние наблюдения показывают, что под вторичное лесовосстановление больше других участков подходят торфянисто-глеевые, а еще лучше полностью сработанные, хорошо осушенные участки. В этом случае уже через 40-60 лет еловые или сосновые посадки вместе с внедряющимися на поздних стадиях ивой, осиной, березой образуют полноразвитый многоярусный древостой с запасами товарной древесины 400-600 м<sup>3</sup>/га. Лесные культуры размещают в форме обособленных участков площадью 5-100 га и полевых защитных полос шириной 5-10 м. Последние высаживают на одной из сторон мелиоративных каналов, где минеральный грунт перемешан с торфом. Суммарная площадь всех лесных участков на т/м «Гадовское» составляет 600 га. Условная товарная стоимость лесной продукции составляет около 60 млн. руб. (табл.).

Таблица. Структура биологических и производственных ресурсов агроландшафта «Гадовское» (2015-2017 гг.)

Продукция ресурсы	С.х. продукция	Лесные ресурсы	Ресурсы животного мира	Ягодные ресурсы	Лекарственные ресурсы	Грибные ресурсы	Общая стоимость
Стоимость, млн. руб.	68,0	60,0	1,8	2,7	1,0	4,2	135,0
Площадь, га	1700	600	3000	300	600	600	
Участие, в %	50,0	44,0	1,0	1,6	0,6	2,8	100



производственных полях фрезерной добычи торфа. Ландшафтный подход к рациональному природопользованию предполагает комплексную, т.е. максимально полную оценку производственных и природных ресурсов, которые можно безопасно извлечь с этой территории.

### Список литературы

1. Метелев, Н.Д. Анализ изменения среды обитания и ресурсов охотничьих животных на территории выработанных месторождений торфа: Автореферат дисс. на соиск. уч. степени к-та биологических наук. – Киров, 2003.
2. Уланов, А.Н. Жолобова, Н.А. Видовое разнообразие и запасы грибных ресурсов на выработанных торфяниках. // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностики живых систем. Материалы XIII Всероссийской научно-пркт. конференции. Книга I. – Киров, 2015. – С. 33–37.

### AGRO-ECOLOGICAL AND BIO-RESOURCE ASSESSMENT POSTOLATY OF AGROLANDSCAPES

**Ulanov A. N.**

*In the practice of modern nature management swamp formations have many applications. One of them is the industrial production of peat raw materials. The article proposes some approaches to the formation of a qualitatively new design of a more productive landscape on the site of technogenic disturbed developed land, followed by the most complete of its economic and biological resource assessment.*

## ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛОТ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ И ЮЖНОГО ПРИХОТЬЯ

Чаков В.В.<sup>1,2</sup>, Климин М.А.<sup>1</sup>, Остроухов А.В.<sup>1</sup>, Андронов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск,  
Россия, e-mail: Chakov@iver.as.khb.ru

<sup>2</sup>ФГБУ «Заповедное Приамурье», г. Хабаровск, Россия

*В работе приводятся сведения об особо охраняемых природных территориях Приамурья и Прихотья, в границах которых распространены водно-болотные угодья. Рассматриваются современные подходы к изучению эволюционных процессов и мониторингу климатических изменений на регрессивных торфяниках на основе подбора природных органогенных реперов. Предлагаются инновационные технические решения для производства товаров народного потребления с высокой добавленной стоимостью из возобновляемых ресурсов болот.*

В Хабаровском крае созданию и функционированию ООПТ уделяется пристальное внимание. С этой целью в регионе в 2014 г. создано ФГБУ «Заповедное Приамурье». В его состав включены три заповедника – «Большехехцирский», «Комсомольский» и «Болоньский», два национальных парка – «Ануйский» и «Шантарский», а также три заказника – «Баджалский», «Ольджиканский» и «Удыльский». При этом только на двух из перечисленных ООПТ – Большехехцирском заповеднике и Баджалском заказнике – вследствие преимущественно горного рельефа болота отсутствуют. Остальные шесть в той или иной степени затронуты заболачиванием. Две из них – заповедник «Болоньский» и заказник «Удыльский» являются водно-болотными угодьями международного значения. Для каждой из перечисленных ООПТ разработаны программы научных исследований по выявлению биоразнообразия и редких видов растений и животных, равно как и составления календарей природы. С учетом равномерного распределения с юга на север по площади Хабаровского края в характеризуемых ООПТ можно осуществлять мониторинг естественных эволюционных процессов трансформации болотных экосистем для различных природно-климатических зон Приамурья [1].

Если равнинные заболоченные озерно-аллювиальные поверхности долины р. Амур в той или иной степени к настоящему времени обследованы, то Шантарские острова с этой точки зрения оставались белым пятном. Системно авторы данной публикации приступили к изучению закономерностей образования и размещения водно-болотных угодий (ВБУ) на о. Большой Шантар с 2016 года. Работы велись с использованием инновационных приемов картографирования путем привязки каждого органогенного и органогенно-криогенного элемента микрорельефа к геодезическим точкам. Именно здесь впервые для Нижнего Приамурья и Южного Охотоморья были выявлены регрессивные болотные комплексы аапа-

типа, ранее известные только для Европейской части страны, Сибири и территории северо-западной Камчатки [2].

Как видно по радиоуглеродным датировкам (рис. 1), первые очаги заболачивания на современных островных территориях появились в предбореале, более 10 тыс. лет назад.

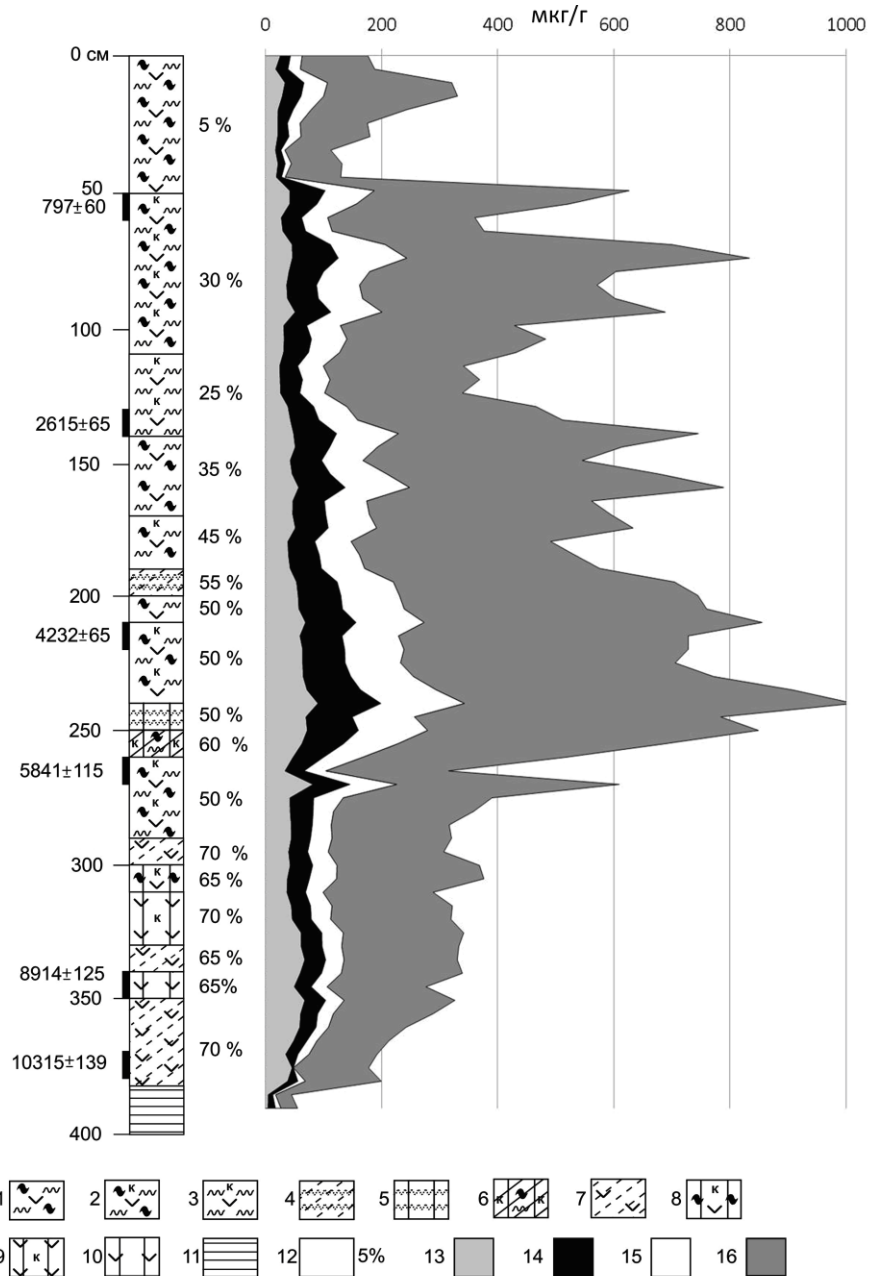


Рисунок 1. Стратиграфическая колонка торфяной залежи, сформировавшейся на верхнеплейстоценовой поверхности в правобережной части долины р. Тундровая, сопряженная с пигментным профилем торфяника.

Условные обозначения: 1-11 – типы торфа: 1 – травяно-сфагновый переходный; 2 – кустарничково-травяно-сфагновый переходный; 3 – кустарничково-травяно-сфагновый верховой; 4 – зеленомошно-пухоносовый переходный; 5 – древесно-пухоносовый переходный; 6 – древесно-кустарничково-сфагново-осоковый переходный; 7 – зеленомошно-травяной низинный; 8 – сфагново-травяно-древесно-кустарниковый низинный; 9 – древесно-кустарничково-травяной низинный; 10 – древесно-травяной низинный; 11 – глина; 12 – степень разложения. 13-16 – пигменты: 13 – хлорофилл *a*; 14 – хлорофилл *b*; 15 – хлорофилл *c*; 16 – каротиноиды.

Их формирование связано с явлениями термокараста на участках выположенных склонов южной экспозиции, поросших редкостойной лиственницей. За весь предбореальный период голоцена здесь произошло только две сукцессионные смены, вызванные сбросом излишков талой почвенной влаги. Очень высокая степень деструкции фитодетрита, слагающего самый нижний (350-380 см), преимущественно зеленомошно-травяной, слой торфа, может быть связана только с хорошим дренажем заболачивающегося участка и общей сухостью климата предбореала. Именно сухость климата привела к смене зеленомошно-травяного фитоценоза на древесно-травяной к началу бореального периода.

В торфяных отложениях разреза по предложенной ранее методике [3] было изучено распределение качественного и количественного состава сохранившихся производных фотосинтетических пигментов – хлорофиллов *a*, *b*, *c* и общего содержания каротиноидов с «шагом» 5 см. Пигментный профиль торфяника (рис. 1) хорошо отражает основные стадии развития болота под влиянием меняющихся условий климата на протяжении голоцена.

Нижняя метровая толща (интервал 390-290 см), представленная торфом низинного типа высокой степени разложения, прирастала очень медленно (в среднем около 0,2 мм/год). В связи с этим, а также с относительно большим шагом отбора образцов, ее пигментный рисунок получился достаточно обобщенным и мало контрастным.

Торф переходного типа преимущественно высокой степени разложения, формирующий среднюю часть профиля (инт. 290-140 см), накапливался со скоростью, превышающей 0,3 мм/год. Это обусловило получение более контрастной картины, что позволило идентифицировать несколько потеплений (максимумы сумм сохранившихся пигментов) и похолоданий (минимумы сумм пигментов). Главный максимум на глубине 240-250 см с большой долей вероятности соответствует оптимальным условиям климата в конце атлантического периода голоцена, а находящийся выше максимум (200-215 см) – потеплению в середине суббореального периода в период 4200-3400 лет назад [4], что не противоречит полученным радиоуглеродным датировкам.

Наиболее интересно совпадение глубокого минимума суммы пигментов на глубине 110-135 см с единственной в данном разрезе прослойкой торфа верхового типа (инт. 110-140 см), степень разложения которого уступает как залегающему ниже, так и вышележащему торфу. Это, несомненно, следствие значительного похолодания климата на границе суббореального и субатлантического периодов голоцена, во время которого протекание процессов торфообразования существенно изменялось. Сходная картина наблюдается в пигментных профилях торфяников материковой части Южного Приохотья и Сахалинской области. Например, в торфянике Владимирский, расположенном в южной части о. Сахалин, в

отложениях, датированных именно этим временем, зафиксирован более чем 1000-летний (с 2760 до 1350 л.н.) перерыв в торфонакоплении [5].

Залегающий выше по профилю (инт. 110-50 см) торф переходного типа средней степени разложения формировался в течение примерно 1,5 тыс. лет. В этот период было несколько различных по длительности климатических колебаний. Наиболее значительное потепление, получившее отражение на пигментной диаграмме в интервале 100-70 см, относится к середине субатлантического периода голоцена, что подтверждают данные [6] для Дальневосточного региона.

Верхняя 50-сантиметровая часть разреза представлена переходным травяно-сфагновым слабо разложившимся торфом. Возраст этой толщи, согласно калиброванной дате, составляет 650 лет, на основании чего можно составить представление о длительности протекания процессов торфообразования на характеризуемом болотном массиве в настоящее время.

Зольность торфа верхового и переходного типа, формирующего верхние 2,8 м разреза, мала (2,2-5,1 %), в нижней метровой толще, выполненной торфом низинного типа, она колеблется в пределах 4,2-5,8 %, что практически исключает засорение торфяника минеральным материалом в течение всего времени его функционирования.

Поскольку начало торфонакопления на характеризуемом болотном массиве относится к первым стадиям собственно голоцена (10300 радиоуглеродных л.н.), когда вследствие повышения уровня моря образовался Шантарский архипелаг, данный разрез является прекрасным объектом для сравнительного изучения истории развития растительности в течение всего голоцена на островах и материковой части Южного Приохотья.

Особенно важно проводить такие работы в периоды ярко проявляющихся изменений климата. Именно один из таких периодов переживает наша планета. В этой связи проведение мониторинга за состоянием динамики органогенно-криогенных элементов рельефа в границах регрессивных болотных комплексов геокриолитогенной зоны является чрезвычайно актуальным. С этой целью авторы доклада осуществляли аэрофотосъемку ключевых участков ВБУ и торфяных бугров останцов в границах долинного комплекса рек Тундровая и Оленья. Съемку вели с помощью БПЛА DJI Phantom 4 с высоты 150 м штатной съемочной аппаратурой, что позволяло получать ортофотопланы участков с пространственным разрешением 6,5 см/пиксель. Позиционирование ортомозаик также осуществлялось штатной аппаратурой с применением дополнительных точек привязки высокоточными JPS приемниками «Trimble-3» (рис. 2). Именно использование таких приемников позволяет выявлять естественные природные реперы, реагирующие на температурные изменения. В частности, мерзлотный торфяной останец, гипсометрические линии поверхности которого имеют градиент всего 10 см,

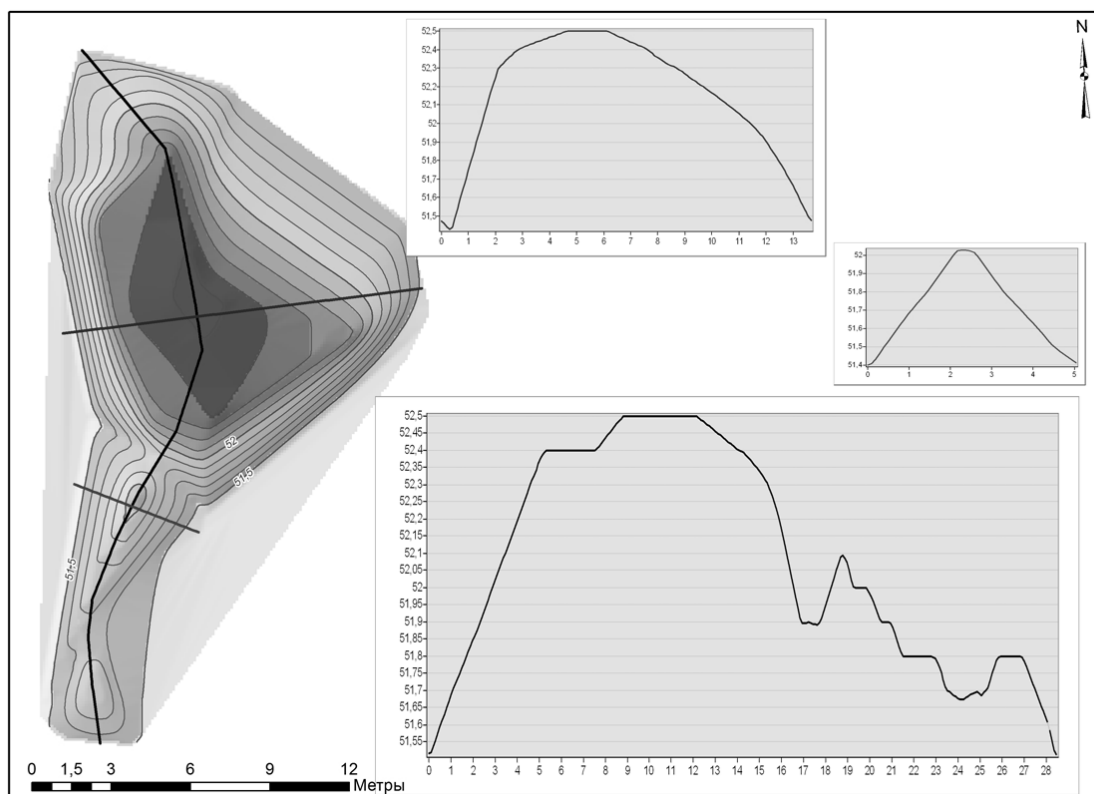


Рисунок 2. Форма и размеры эталонного торфяного криогенного бугра в центральной части плоского заболоченного водораздела рр. Аргулад-Левый Аргулад.

на сегодняшний день является самым надежным репером. С его помощью можно в любом временном интервале осуществлять повторные съемки не только параметров форм и размеров объекта, но и скорости их трансформации. Анализ полученных данных показал, что базовая аппаратура БПЛА обеспечивает пространственную точность 3-4 м и соответствует требованиям, предъявляемым к точности картографических материалов масштаба 1:10 000. Технические параметры дрона позволяли за один пролет осуществлять съемку участка полосы длиной до 5 км при ширине 300-450 м. При этом пространственное перекрытие снимков обеспечивалось на уровне 70-80 % поверхности снимаемых объектов. Управление полетом в данном случае проводилось с помощью программ Drone Deploy 2.0.51 и Pix4Dcapture 3.8.1, которые дают возможность аэрофотосъемки территории заданного участка с фиксированной высоты и необходимым перекрытием. В камеральных условиях фотоматериалы проходили первичную обработку (пространственную привязку, цветовое выравнивание и ортокоррекцию с последующей сшивкой в ортофотомозаику) в программах Agisoft PhotoScan Professional 1.3.2. и Pix4mapper 3.2.

Площадь заболоченных территорий Хабаровского края, не входящих в категорию ООПТ, на сегодняшний день составляет порядка 25-28 % его поверхности, что является колоссальными запасами земельных, водных, растительных и торфяных ресурсов. Их



освоение на принципах устойчивого развития предполагает получать на их основе продукцию пятого экономического уклада. К их числу следует отнести современные лекарственные средства [7, 8], нанопроводники [9, 10], композиционные материалы и углеродные нанотрубки [11] а также широкий спектр парфюмерно-косметической продукции.

### Список литературы

1. Чаков, В.В. Эволюция болот Среднеамурской низменности и трансформация состава органического вещества торфа / В.В. Чаков, М.А. Климин // Биогеохимические и экологические исследования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – С. 126–134.
2. Боч, М.С. Северо-Камчатская провинция аапа-бугристых болот / М.С. Боч // Труды 7-го съезда Всесоюзного Ботанического общества. – Донецк, 1983. – С. 129–130.
3. Климин, М.А. Распределение фотосинтетических пигментов в профиле торфяных отложений как отражение колебаний климата в голоцене / М.А. Климин, С.Е. Сиротский // Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах. Вып. 15. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – С. 237–248.
4. Хотинский, Н.А. Голоцен Северной Евразии / Н.А. Хотинский. – М.: Наука, 1977. – 200 с.
5. Разжигаева, Н.Г. Обстановки осадконакопления островных территорий в плейстоцене-голоцене / Н.Г. Разжигаева, Л.А. Ганзей. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 365 с.
6. Хотинский, Н.А. Дискуссионные проблемы реконструкции и корреляции палеоклиматов голоцена / Н.А. Хотинский // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. – М.: Наука, 1989. – С. 12–17.
7. Завгорудько, Т.И. Возможности пелоидотерапии в реабилитации детей с дизметаболической нефропатией, осложненной инфекцией мочевой системы / Т.И. Завгорудько, В.Н. Завгорудько, С.В. Сидоренко, В.В. Чаков // Дальневосточный медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С. 54–56.
8. Чаков, В.В. Сфагновые мхи и торф как основа для разработки эффективных лекарственных средств нового поколения / В.В. Чаков, С.В. Сидоренко, Д.В. Онищенко, Е.Н. Клименко // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2013. – № 1. – С. 103–111.
9. Кузьменко, А.П. Топологические и химические особенности наноструктурных самоорганизованных фрактальных образований в коллоидных системах, перспективных для микро-и наноэлектроники / А.П. Кузьменко, В.В. Чаков, Н.А. Чан // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: математика, физика. – 2013а. – Т. 31. – № 11. – С. 174–180.
10. Кузьменко, А.П. Управляемая самосборка микро- и наноструктур / А.П. Кузьменко, В.В. Чаков, Н.А. Чан // Нанотехника. – 2013б. – № 4 (36). – С. 30–31.
11. Онищенко, Д.В. Формирование многостенных нанотрубок в результате механической активации аморфного углерода / Д.В. Онищенко, В.П. Рева, В.В. Чаков, Б.А. Воронов // Доклады академии наук. – 2012. – Т. 447. – № 4. – С. 418–420.

### PROTECTION AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF MIRES IN THE LOWER AMUR REGION AND SOUTHERN COAST OF THE SEA OF OKHOTSK

**Chakov V.V., Klimin M.A., Ostroukhov A.V., Andronov V.A.**

*The work contains information on specially protected natural areas of Priamurye and Priokhotye where wetlands are widespread. Modern approaches to the study of evolutionary processes and monitoring of climatic changes on regressive peatlands based on selection of natural organogenic benchmarks are considered. Innovative technical solutions for the production of consumer goods with high added value from renewable bog resources are offered.*

**PEAT, FORMATION, PROPERTIES****Szajdak L.W., Meysner T., Styła K., Gaca W., Szczepański M.****Institute for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of Sciences, Poznań,  
Poland, e-mail: lech.szajdak@isrl.poznan.pl**

The conversion and processes of vegetable matter to raw material as peat is a process and mechanism whose continuation leads to the creation of organic and biochemical compounds of well known and unknown structures. These substances are responsible for the physical, chemical, biochemical and biological properties (e.g., cation retention, water retention, hydraulic conductivity, metal chelation, hydrophobic interactions, soil porosity, aggregation and bulk density, and water storage). The structure of humic substances and chemical composition depend on genetic peculiarities of peatland and depth of sampling.

A large number of plant species (sedges, grasses, *Sphagnum* and other mosses, and woody plants) occurring in mires can contribute to peat formation. Consequently, a wide variety of “botanical” peat types exists. Thus, botanical composition, relative amounts of the main plant species or species groups is the fundamental property for determining the nature of peat and the physical, chemical, biochemical and biological properties of the peat.

Understanding the processes and mechanisms of the organic matter in peat is a prerequisite for understanding the availability and cycling in nature of nutrients such as derivatives of nitrogen, carbon, sulfur, and phosphorus. Thus, the studying structure and properties of organic substances of such native products as peat allows revealing essential differences predetermined by their genesis and also permitting to estimate their potential agroecological efficiency and perspective directions of technological processing and use of these valuable organic materials.

## **Часть II**

# **СИМПОЗИУМ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАГАН С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Анисимова О.В. <sup>1</sup>, Денисенко Д.А. <sup>2</sup>, Маслов С.Г. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

<sup>2</sup> Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия,  
e-mail: mitrich.com@sibmail.com

*В работе приведены данные группового состава органического вещества (ОВ) торфов низинного торфяного месторождения «Таган» Томской области.*

*Введение.* За последнее время интерес к изучению биологически активных веществ торфов существенно возрос, что связано с возможностью получения продукции на основе торфа. Это удобрения, стимуляторы роста, средства защиты растений для сельского хозяйства, лекарственные препараты для животных и человека.

Основным фактором, определяющим целесообразность использования отдельных категорий торфа для получения препаратов, способных интенсифицировать процессы микробного синтеза, регулировать процессы роста, развития, продуктивность, является наличие в них БАВ гуминовой и другой химической природы. Спектр БАВ торфов достаточно широк и неоднороден по отдельным месторождениям и зависит от условий образования месторождения, глубины залегания и др. факторов. Использование сырьевой базы торфяных месторождений без предварительной оценки биологических эффектов отдельных ее составляющих и в целом запасов каждой этой составляющей делает дорогостоящие в последующем эксперименты не обоснованными.

Цель работы – изучение группового состава органического вещества (ОВ) на примере торфяного месторождения низинного типа.

*Объекты и методы.* В качестве объекта исследования было выбрано месторождение «Таган» Томской области.

Месторождение представляет собой болото низинного типа площадью 4068 га, расположенное от г. Томска на ЮЗ в 11 км, от села Тахтамышево на ЮЗ в 1,5 км на левобережной террасе р. Томи. Торфяное месторождение имеет вытянутую форму с юго-запада на северо-восток в сторону р. Томи. Максимальная глубина торфяной залежи составляет 9 метров.

Наибольшее распространение на территории болота получила растительность эвтрофного типа, представленная древесными, древесно–осоковыми, осоковым, осоково–сфагновыми и травянисто-кустарничковыми фитоценозами [1]. В основном месторождение представлено топяно-лесной залежью, которая составляет около 69 %, от общего объема.

Залежь слагают 18 видов торфа, из которых преобладает осоковый (41 %) и древесный (21 %), также значительно распространен гипновый торф (12 %).

Образцы торфа отбирались буром ТБГ-1 по всему профилю торфяной залежи на втором опорном пункте болотного стационара Таган ТГПУ, мощность торфяной залежи не превышает 3-х метров. В образцах торфа были проведены следующие анализы: ботанический состав и степень разложения – ГОСТ 28245.2-89 [2], зольность – ГОСТ 11306-83 [3], групповой анализ органического вещества по методу Инсторфа [4].

Сущностью группового анализа органического вещества является количественное определение отдельных его групп, относящихся к конкретным классам соединений. Для этого используют способность этих групп растворяться в тех или иных экстрагентах. Например, битумы растворимы в неполярных растворителях – бензоле, эфире, гексане, бензине. Гуминовые вещества выделяют посредством растворения в щелочах, и последующем осаждении минеральными кислотами. Углеводный комплекс выделяют посредством растворения в горячей воде с последующим гидролизом минеральными кислотами.

При групповом анализе органического вещества торфов выделяют следующие основные группы:

1) битумы (Б) – представляют собой смесь смол, парафинов, небольшого количества высших спиртов и эфиров. Являют собой группу химически стойких веществ, в основном переходящих из растений торфообразователей, а также синтезируемых в торфе в малом количестве в результате реакций гуминовых кислот с продуктами неполного распада целлюлозы и других компонентов углеводного комплекса;

2) водорастворимые и легкогидрализуемые вещества (ЛГВ + ВРВ) – в химическую основу этих веществ входят пентозы, гексозы, уроновые кислоты, альдогексозы, сложные сахара, пектиновые вещества, гемицеллюлозы;

3) гуминовые вещества – являются основной частью органического вещества торфа, представляют собой высокомолекулярные органические кислоты нерегулярного строения. Из-за полидисперсности и неоднородности свойств принято выделять две большие группы гуминовых веществ – гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК), каждая из этих групп в свою очередь подразделяется на фракции. Гуминовые кислоты имеют высокую молекулярную массу, в своем строении содержат полициклическое ароматическое ядро и разветвленные заместители. Фульвокислоты представляют собой низкомолекулярную гидрофильную группу гуминовых веществ, имеющих в своей основе небольшие фрагменты гуминовых кислот;

4) трудногидрализуемые вещества или целлюлоза (Ц) – представляет собой неразветвленный полисахарид, состоящий из мономеров  $\beta$ -глюкозы, соединенных гликозидной связью;

5) негидролизуемый остаток торфа принимается за лигнин (Л) – состоит из собственно лигнина, лигниноподобных веществ, суберина, кутина и других.

*Результаты и их обсуждение.* Результаты, полученные при проведении исследования общетехнических свойств торфа и группового состава месторождения «Таган» Томской области, представлены в таблице 1 и таблице 2 соответственно.

Таблица 1. Характеристика общетехнических свойств торфа месторождения «Таган»

Глубина отбора, см	Вид торфа	А, %	W, %
25-50	травяной	6.9	35
50-75	травяно-гипновый	7.5	25
75-100	травяной	7.7	30
100-125	травяной	7.3	30
125-150	травяной	7.9	35
150-175	древесно-травяной	7.2	35
175-200	древесный	6.7	45

Из данных этой таблицы можно сделать вывод, что с увеличением глубины залегания пробы увеличивается степень разложения торфа, которая варьирует в диапазоне 25-45 %, по данному показателю все пробы исследованного торфа относятся к сильно разложившемуся. Наиболее распространенным видом торфа, среди исследованных проб является травяной.

Таблица 2. Групповой состав органического вещества в торфяном профиле, % ОМ

Глубина (см), вид торфа	Степень разложения, %	Групповой состав, % от ОМ					
		Б	ВРВ+ЛГВ	ГК	ФК	Л	Ц
25–50, Травяной	35	4,2	37,3	32,2	17,4	6,1	3,7
50–75, Травяно-гипновый	25	3,2	42,5	32,4	10,1	8,0	3,6
75–100, Травяной	30	3,1	40,7	33,1	12,1	7,5	3,0
100–125, Травяной	30	3,2	39,8	30,1	16,0	7,7	2,8
125–150, Травяной	35	3,5	45,9	32,6	14,6	6,1	1,8
150–175, Древесно-травяной	35	3,5	37,5	28,3	19,8	8,0	1,7
175–200, древесный	45	3,3	37,7	34,0	12,5	7,2	1,9

*Примечание:* ОМ – органическая масса; обозначения групп органического вещества смотри в тексте.

В таблице 3 приведен групповой состав торфа, характерный для европейской части России.

Таблица 3. Групповой состав органической массы торфа Европейской части России, % ОМ [5]

Тип торфа	Битумы	ВРВ+ЛГВ	ГК	ФК	Ц	Л
Низинный	1,2-12,5	9,2-45,8	18,6-55,5	5,0-27,9	0,0-9,0	3,3-26,2
Переходный	2,2-13,7	6,9-51,5	11,7-52,5	18,6-55,5	0,0-15,9	1,9-23,9
Верховой	1,2-17,7	9,0-33,1	4,6-49,9	10,0-30,4	0,7-20,7	0,0-21,1

Проанализировав полученные результаты видно, что содержание битумов в целом по торфяной залежи изменяется от 3,1 до 4,2 % и соответствует содержанию битумов в низинных торфах европейской части России. Самые низкие значения битумов характерны для древесного типа торфа, наибольшие – для травяного торфа. Содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ изменяется от 37,3 % до 45,9 %. Выход гуминовых кислот в исследованных пробах колеблется – от 28,3 до 34,0 %. Наибольшие значения содержания ГК отмечаются в травяном и древесном видах торфов с высокой степенью разложения (40-50 %). Содержание фульвокислот в пробах варьирует от 10,1 % до 19,8 %, лигнина – от 6,1 % до 8,0 % и целлюлозы – от 1,7 % до 3,7 %.

Сравнивая эти показатели торфов отобранных с месторождения Таган с данными по торфам европейской части России, можно отметить соответствие почти по всем величинам. Исключение составляет только проба глубиной 150-175, где содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ несколько выше, а содержание фульвовых кислот ниже.

По полученным данным можно наблюдать следующие тенденции:

1) с увеличением степени разложения увеличивается содержание ГК, что может быть объяснено преобладанием сложных восстановительных процессов в более глубоких слоях торфяной залежи;

2) содержание ФК с увеличением глубины залежи уменьшается, что свидетельствует о том, что низкомолекулярная фракция вступает в реакции конденсации с образованием более высокомолекулярных ГК;

3) содержание углеводного комплекса с увеличением глубины залежи и степени разложения уменьшается, что соответствует представлению о неустойчивости этих групп к микробиологическому разложению;

4) увеличение степени разложения и содержания битумов с глубиной свидетельствует о микробиологической устойчивости этих соединений, а также о том, что они накапливаются в торфе с разрушением тканей растений торфообразователей;

5) существенное различие содержания ГК с поверхности и в глубине торфяного профиля объясняется различием видового состава, слагающих их торфов. Следует отметить, что древесный торф содержит большее количество ГК, чем древесно – травяной.

К торфу, как сырью для производства продуктов гидролиза предъявляются следующие требования: верховой торф с зольностью не более 5 %, со степенью разложения не выше 20 % и содержанием углеводородного комплекса 60-70 % [6]. Информация о содержании зольных элементов в пробах представлена в таблице 1, степень разложения проб представлена в таблице 2. Содержание углеводородного комплекса, который складывается из ВРВ, ЛГВ и целлюлозы, в пробах составляет 25-50 – 41 %; 50-75 – 46,1 %; 75-100 – 43,7 %; 100-125 – 42,6 %; 125-150 – 47,7 %; 150-175 – 39,2 %; 175-200 – 39,6 %. Можно сделать вывод, что по зольности, типу торфа и по степени разложения не подходят обе пробы.

Согласно основным требованиям к торфу как к сырью для получения битумов, он должен удовлетворять следующим требованиям: торф верхового типа с содержанием битумов выше 5 %, со степенью разложения не менее 30 % и зольностью не более 6 % [7]. По степени разложения подходят все пробы торфа за исключением глубины 50-75 см, однако по всем другим требованиям исследуемые пробы торфа не являются пригодными. Из этого следует что отобранные торфа, как представители соответствующего сырья, невозможно использовать для химической обработки с целью получения битумов.

Для производства активных углей необходимо, чтобы торф удовлетворял следующим требованиям: низкое содержание шейхцерии и древесной коры, степень разложения более 30 % и зольность не более 6 % [7]. По зольности требованию не удовлетворяет ни одна из отобранных проб торфа. По степени разложения подходят все пробы, за исключением пробы с глубины 50-75. Древесное происхождение торфов с глубины 150-175 и 175-200 делают и без того невозможное производство более затрудненным.

Для получения гуминовых кислот пригодны все типы торфа, в которых содержание ГК не менее 30 %, зольность не более 10 % и степень разложения 25 % и более [7]. По всем выделенным критериям подходят все пробы исследуемых торфов, за исключением пробы с глубины 150-175, из-за пониженного содержания гуминовых кислот равное 28,3 %. Из этого можно сделать заключение, что большинство видов торфов, отобранных с месторождения «Таган» могут быть использованы для получения гуминовых кислот.

Низинный торф классифицируют по степени разложения: слаборазложившийся, среднеразложившийся и сильно разложившийся торф. На удобрение рекомендуется использовать торф с высокой степенью разложения. Такой торф имеет низкую кислотность, обогащен питательными элементами, что делает его незаменимым удобрением для выращивания сельскохозяйственных культур. Все рассмотренные пробы относятся к сильно



разложившимся ( $R \geq 25\%$ ), что делает их более приоритетными для дальнейшей переработки и использования в сельском хозяйстве, например, после компостирования.

В производстве гидропонных систем предпочитают фульвокислоты, потому что гуминовым кислотам для полноценной работы необходима почва. Фульвокислоты используемые на гидропонном оборудовании позволяют растениям получать и усваивать больше питательных веществ и соответственно происходит больший рост биомассы. По данному показателю наибольший приоритет имеют пробы торфа, отобранные с глубин 150-175 (ФК = 19,8 %) и 25-50 (ФК = 17,4 %).

### Список литературы

1. Инишева, Л.И. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета: коллективная монография / Л.И. Инишева, В.Ю. Виноградов, О.А. Голубина, Г.В. Ларина, Е.В. Порохина, Н.А. Шинкеева, М.В. Шурова. – Томск : Изд-во «ТГПУ», 2010. – 148 с.
2. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. ГОСТ 28245.2-89. – Москва : Изд-во «Стандартинформ», 2006. – 7 с.
3. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности и влажности. ГОСТ 11306-83. – Москва : Изд-во «Стандартов», 1995. – 8 с.
4. Лиштван, И.И. Физика и химия торфа / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов. – Москва : Изд-во «Недра», 1989. – 303 с.
5. Базин Е.Т., Конпенкин В.Д., Косов В.И. Технический анализ торфа. / под общей ред. Е.Т. Базина. М.: Недра, 1992. – 431 с.
6. Соколов Б.Н., Колесин В.Н., Ямпольский А.Л. Торф в народном хозяйстве. / под общей ред. Б.Н.Соколова. М.: Недра, 1982. – 760 с.
7. Лиштван, И.И. Физико-химические основы технологии торфяного производства / И.И. Лиштван, А.А. Терентьев, Е.Т. Базин, А.А. Головач. – Минск : Изд-во «Наука и техника», 1983. – 232 с.

### THE STUDY OF GROUP COMPOSITION OF ORGANIC SUBSTANCE OF PEAT DEPOSITS TAGAN FOR THE PURPOSE OF RECEIVING PRODUCTS FOR AGRICULTURE

**Anisimova O.V., Denisenko, D.A., Maslov S.G.**

*Presents the data of the group composition of organic matter low-mire peat deposit Tagan'of Tomsk region.*

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КАДАСТРА ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Антонова А.В.**

**Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: antonova\_anastasiya\_95@mail.ru**

*В статье приведено описание создаваемого электронного кадастра торфяных ресурсов Московской области, занимающей шестое место по их количеству в Центральном федеральном округе. На первом этапе в базу занесены месторождения, разведанные до начала 1957 г. Поиск информации по торфяному месторождению может осуществляться по различным признакам: по административному району, по наименованию, по номеру, по типу торфяной залежи, по площади в границе промышленной глубины торфяной залежи не менее 10 га и другим.*

*Введение.* Торфяные месторождения и заболоченности Московской области занимают обширные территории, поэтому их рациональное использование приобретает особую важность и требует более глубокого изучения степени влияния на прилегающие площади. По числу торфяных месторождений Московская область находится на 6 месте [1].

На сегодняшний день в Московской области известны около 1700 торфоразработок [3]. Максимальное количество находится в Восточной части области. Общая добыча торфа в Московской области составляла около 6-7 млн. т. в год. Общая площадь торфоразработок в Московской области приблизительно составляет 25 тыс. га. Основная добыча в промышленных масштабах велась в 5 районах Московской области – это Талдомский, Егорьевский, Шатурский, Луховицкий и Орехово-Зуевский.

Разрабатывают торф открытым способом, потому что все торфяные месторождения расположены на земной поверхности. Существует две основных схемы добычи торфа: сравнительно тонкими слоями с поверхности земли и глубокими карьерами на всю глубину торфяного пласта. Согласно первой из этих схем торф извлекают, вырезая верхний слой, согласно второй – экскаваторным (или кусковым) способом.

Фрезоторф (фрезерный способ добычи торфа) – самый распространённый, но и самый чувствительный к изменению погодных условий способ добычи торфа.

В настоящее время Московская область лидирует по площади заброшенных торфяников, ранее освоенных для фрезерной добычи торфа. Их дополняют неиспользуемые осушенные сельскохозяйственные и лесные земли. Пожары 2002 и особенно 2010 г. показали степень пожарной опасности заброшенных осушенных торфяных болот. Стала очевидной необходимость усовершенствования управления торфяниками, регулирование их водного режима и обводнения для снижения опасности торфяных пожаров.

Одним из направлений решения этой задачи является создание электронной базы торфяных месторождений Московской области, в том числе включение в неё отдельным разделом информации по осушенным и выработанным болотам. База данных представляет собой упорядоченную совокупность разнородных сведений о свойствах болот, которые могут храниться в одном или нескольких файлах.

Источниками информации для создания электронного кадастра послужили справочник торфяных месторождений Московской области, современные космические снимки, топографические карты разных лет и другие источники.

В качестве программных средств для обработки этих данных были использованы Microsoft Office Excel и Google Earth Pro. Первоначально месторождения были распределены по административным районам области (табл. 1). При этом определенные трудности возникали из-за частого изменения административно-территориального деления Московской области. Например, существовавший до 1957 года Константиновский район был упразднен и его территория включена в состав Загорского района, который с 1991 года был переименован в Сергиево-Посадский район в связи с переименованием Загорска в Сергиев Посад.

Таблица 1. Торфяные месторождения Клинского района

№ по справочнику	Название	Географические координаты		Показ космоснимка	
		Широта	Долгота	обзор	крупно
170	<u>Моховое П</u>	56°33'21.93"С	36°41'51.83"В	Да	Да
171	<u>Донховка (Большой Мох)</u>	56°34'34.66"С	36°47'25.85"В	Да	Да
172	<u>Халустово (№28)</u>	56°34'22.04"С	36°52'50.63"В	Да	Да
173	<u>Малый Мох</u>	56°33'44.42"С	36°51'36.08"В	Да	Да
174	<u>Жуково</u>	56°34'11.17"С	36°54'44.56"В	Да	Да
175	<u>Хмельницы</u>	56°29'43.33"С	36°34'12.62"В	Да	Да
176	<u>Марцево</u>	56°30'3.44"С	36°37'12.18"В	Да	Да
177	<u>Шелкоуша</u>	-	-	Нет	Нет
178	<u>Трехденевское</u>	56°30'40.49"С	36°49'23.59"В	Да	Да
179	<u>Липняг (Георгиевское)</u>	56°30'59.28"С	36°53'56.95"В	Да	Да
180	<u>Липняжек</u>	-	-	Нет	Нет
181	<u>Малявкино</u>	-	-	Нет	Нет
182	<u>Большой Мох</u>	-	-	Нет	Нет
183	<u>Луговое</u>	-	-	Нет	Нет
184	<u>Мох</u>	-	-	Нет	Нет
185	<u>Без названия (№18)</u>	-	-	Нет	Нет
186	<u>Соковское</u>	56°28'33.39"С	36°48'29.85"В	Да	Да
187	<u>Кочетник</u>	-	-	Нет	Нет
188	<u>Кочки (Кочетник)</u>	56°27'43.04"С	36°54'19.84"В	Да	Да
189	<u>Микулицы</u>	56°27'47.66"С	36°53'32.54"В	Да	Да
190	<u>Южно-Алферовское</u>	56°25'39.10"С	36°30'6.34"В	Да	Да
191	<u>Ямуговское</u>	56°24'53.91"С	36°41'41.58"В	Да	Да
192	<u>Фирсиха</u>	-	-	Нет	Нет
193	<u>Лексеевка (№14)</u>	-	-	Нет	Нет
194	<u>Красильня</u>	56°25'58.72"С	36°55'42.86"В	Да	Да
195	<u>Опушка</u>	-	-	Нет	Нет

Географические координаты определялись только для месторождений с площадью в границе промышленной глубины торфяной залежи не менее 10 га с помощью программы Google Earth Pro. Для таких болот в базу данных внесены скрин-шоты обзорных и детальных снимков, сделанных с космических спутников. На обзорном снимке выделяется конкретное месторождение и соответствующий районный центр области (рис. 1). Пользователь, используя гиперссылку в соответствующей строке таблицы под словом «Да», может открыть данное изображение для визуального представления местоположения месторождения на территории административного района. Слово «Нет» в таблице означает, что площадь промышленной залежи месторождения менее 10 га и для него пока не имеется возможности четко идентифицировать его на спутниковых снимках (особенно болот с низинным типом залежи). Также для таких «микроболот» не указаны географические координаты.



Рисунок 1. Обзорный снимок месторождения Южно-Алферовское Клинского района Московской области.

На детальном снимке показаны ближайшие к месторождению деревни (если они сохранились), контуры месторождения в виде многоугольника и подсчитанная площадь при помощи программы Google Earth Pro (рис. 2).

В отдельную группу позднее были выделены месторождения, являющиеся особо охраняемыми природными территориями (ООПТ). Например, к такой территории относится памятник природы областного значения «Торфяное болото «Озерское» в Шаховском районе, государственный природный заказник «Переходные болота междуречья рек Вори и Шани» в Можайском районе и др. Всего объектов охраны насчитывается 93 месторождения [1].

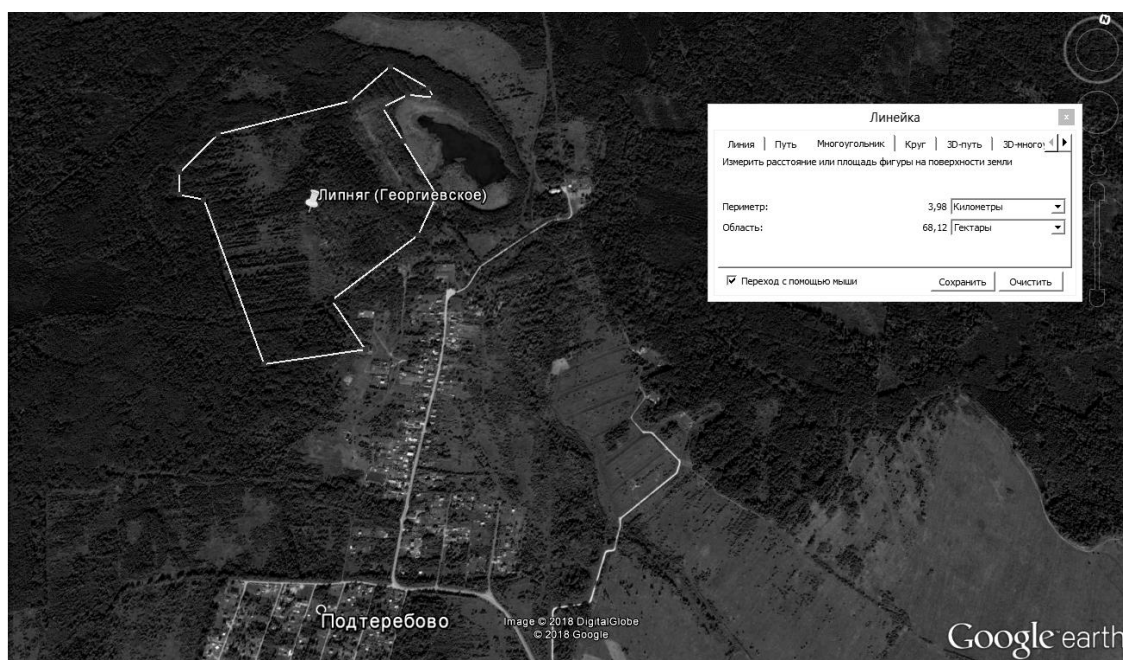


Рисунок 2. Частично выработанное торфяное месторождение Липняг (Георгиевское) Клинского района Московской области.

Таким образом, был создан электронный кадастр торфяных месторождений Московской области с пространственной привязкой. Она позволяет находить месторождения на карте Московской области и получать информацию о них. База данных открывает возможности получения, обновления, удаления информации и торфяных месторождениях и их характеристиках по определенным критериям отбора данных.

### Список литературы

1. Миронов, В.А. Торфяные ресурсы Тверской области (рациональное использование и охрана) / В.А. Миронов, Ю.Н. Женихов, В.И. Суворов, В.В. Панов. – Тверь: ТГТУ, 2006. – 72 с.
2. Торфяные месторождения Московской области. – М.: ПГО Торфгеология, 1956.
3. Карта торфяного фонда Московской области. Масштаб 1:600000. – М.: Министерство Геологии РСФСР. Институт "Типроторфразведка", 1967.
4. Предприятия топливообеспечения и потенциальные возобновляемые ресурсы местного топлива по регионам Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики (форма 1-П) с 2000 по 2009 гг.
5. Булавко, А.Г., Маслов, Б.С. Гидрологические и экологические последствия осушения земель // Гидротехника и мелиорация. – 1975.

### THE DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC INVENTORY OF THE PEAT RESOURCES OF MOSCOW REGION

Antonova A.V.

*The article describes the created electronic cadastre of peat resources of the Moscow region, which occupies the sixth place in terms of their number in the Central Federal district. At the first stage, deposits explored before the beginning of 1957 are entered into the database. search for information on the peat Deposit can be carried out on various grounds: by administrative area, by name, by number, by type of peat Deposit, by area in the border of industrial depth of peat Deposit of at least 10 hectares and others.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ТОРФЯНОГО МОНОЛИТА НА ДВУХКОМПОНЕНТНОМ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ЦИФРОВОГО ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ**

**Белоусов А.М., Яблонев А.Л., Жуков Н.М.**

**Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: alvovich@mail.ru**

*В статье описано лабораторное оборудование, оснащенное средствами современного цифрового тензометрирования, применяемое в Тверском государственном техническом университете при исследовании энергетики процесса резания торфа на различных режимах. Приведены схемы установки и методика проведения исследований с использованием современной цифровой тензометрической аппаратуры.*

*Введение.* Использование компьютерных технологий в современных системах измерения, управления технологическими процессами, анализа, мониторинга сигналов стало нормой жизни. Невозможно вообразить массивный измерительный комплекс без компьютерного обеспечения. Развитие науки плотно связано с прогрессом в области измерений.

Новые технологии создают многофункциональные измерительные комплексы на основе персональных компьютеров и дополнительных приборов ввода/вывода сигналов: плат аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового преобразования (ЦАП).

Многие задачи испытаний, измерений и исследований можно представить в виде последовательности логических действий: накопление – обработка – представление результатов. Любой этап содержит большое количество операций, автоматизация которых позволяет значительно упростить измерительный процесс.

Поскольку основным методом разрушения торфяной залежи является резание, представляет особый интерес оснащение современной цифровой тензометрической аппаратурой приборов для изучения процесса резания торфяных монолитов.

*Объекты и методы.* Эксперименты по резанию торфяных монолитов осуществляются на специальной установке (рис. 1), позволяющей производить резание торфа с одновременной фиксацией тангенциальных и нормальных усилий, возникающих при резании. Установка представляет собой горизонтально-фрезерный станок 1, на хоботе которого устанавливается двухкомпонентный динамометр, подключенный к цифровой тензостанции ZET 017-T8 2.

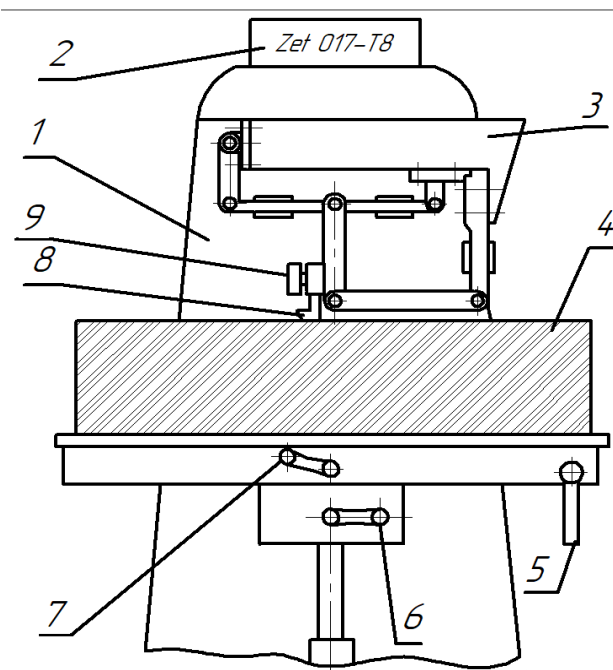


Рисунок 1. Схема установки с двухкомпонентным динамометром.

На кронштейне 3 смонтирована система балок. На вертикальной балке винтом 9 крепятся сменные режущие элементы 8. На столе станка устанавливается торфяной монолит 4, который может перемещаться вручную вместе со столом рукояткой 5. Рукояткой 6 стол опускается или поднимается, т. е. задается определенная глубина резания (перемещение стола за 1 оборот рукоятки составляет 2,5 мм). Рукояткой 7 стол перемещается в поперечном направлении [1]. Схема размещения монолита на столе станка показана на рисунке 2.



Рисунок 2. Размещение торфяного монолита на столе станка.

Принцип действия двухкомпонентного динамометра (рис. 3) состоит в следующем. Под действием силы  $P_n$  происходит прогиб балки 1 с тензодатчиками сопротивления 2. Датчики соединены по мостовой схеме с одним из каналов тензостанции. Деформация балки вызывает изменение сопротивления тензодатчиков и, следовательно, возникновение тока в диагоналях моста. Под действием силы  $P_\tau$  происходит деформация балки 3 с тензодатчиками 4. Эти датчики соединены с другим каналом тензостанции.

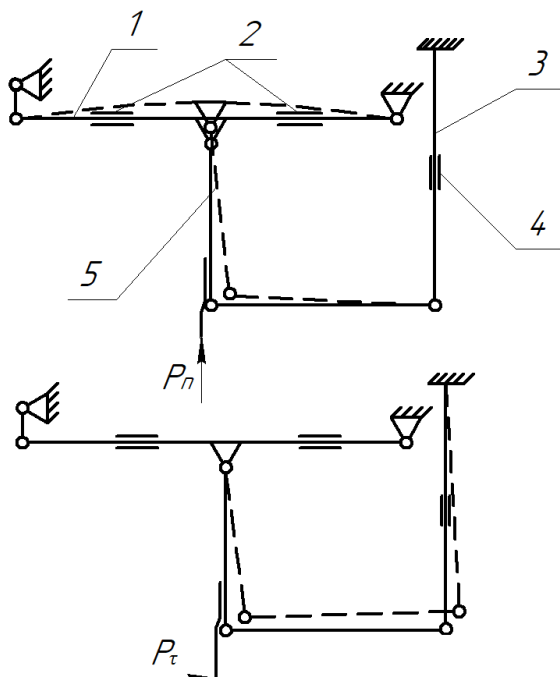


Рисунок 3. Схема двухбалочной тензометрической системы [1].

Таким образом, деформации балок двухкомпонентного динамометра, возникающие под влиянием сил, действующих на режущий элемент, могут быть зафиксированы в виде дискретных значений или диаграмм в программном комплексе ZetLab.

Возможные режимы резания торфяных монолитов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Режимы резания торфяных монолитов

№ режима	Параметры	Частота вращения ротора приводного электродвигателя $n_{дв}$ , об/мин	Номер передачи в коробке подач стола	Скорость резания $v_p$ , мм/с
1		750	I	1,65
2		1500		3,3
3		750	II	6,9
4		1500		13,6

Тензометрические станции типа ZET, основанные на базе программных продуктов ZETLab, позволяют производить измерения разнообразных параметров. Они обладают высокой точностью и используются как в небольших экспериментальных средах, так и в



крупных технологических процессах. Автоматические тензометрические станции тестируют экспериментальное и измерительное оборудование. Системы также осуществляют сбор данных при тестировании различных компонентов в целях контроля технологических процессов и для других целей. При проведении тензоизмерений сразу по нескольким каналам применяют тензостанцию ZET 017-T8, имеющую 8 каналов (рис. 4) [2].



Рисунок 4. Тензометрическая станция ZET 017-T8.

Тензостанция ZET 017-T8 поставляется с программным обеспечением ZETLab STUDIO – набором программ для проведения тензоизмерений и множеством дополнительных приложений для анализа и обработки сигналов, отображения результатов [3]. Прибор отличается высокой точностью измерений и регистрации сигналов. Существуют различные варианты подключения тензостанции к компьютеру, а также работа в автономном режиме. Тензорезисторы подключаются к тензостанции по мостовой и полумостовой схеме, их запитывание осуществляется как переменным, так и постоянным током. Станция имеет встроенный усилитель для тензодатчиков и позволяет одновременно тарировать и записывать сигнал по одному и группе каналов.

*Результаты исследования и обсуждение.* После стандартной процедуры тарировки тензодатчиков с помощью контрольных грузов, в системе настраивается режим записи сигналов. Причем запись идет сразу по двум каналам, фиксируя нормальные и тангенциальные усилия на резце. Пример записанных сигналов показан на рисунке 5.

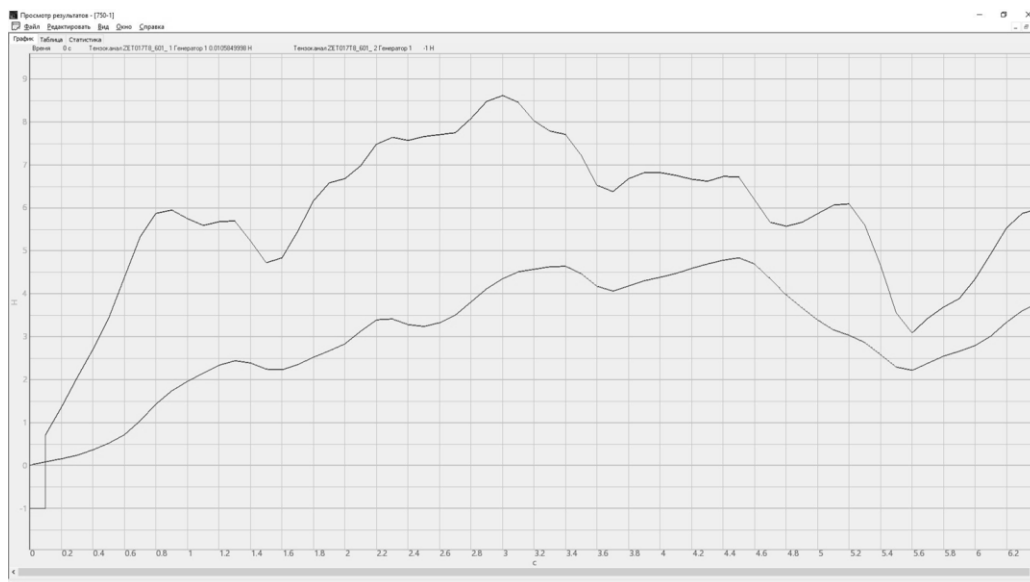


Рисунок 5. Графическое представление нормальной (снизу) и тангенциальной (сверху) составляющих усилия резания на резце.

После окончания записи, программный комплекс ZetLab переводится в режим обработки сигнала, который позволяет определять математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, дисперсию и другие статистические характеристики как для всего записанного сигнала, так и для выбранной его части (рис. 6). Кроме того, при сравнении характеристик от двух сигналов, может быть рассчитана их взаимная корреляция. Результаты представляются в табличном виде [4].

Просмотр результатов - [750-1]				
Файл Редактировать Вид Окно Справка				
График Таблица <b>Статистика</b>				
Обновить данные		Отчет		
	X	Y1	Y2	Y3
	Время	Тензоканал ZET0	Тензоканал ZET0	
	с	Н	Н	
По всем данным				
Мин. значение	0.000000	0.010585	-1.000000	
Макс. значение	6.399960	4.836054	8.617299	
Ср. арифм. значение	3.199980	3.027693	5.772924	
Ср. кв. значение	3.695024	3.291720	6.056653	
Ср. кв. отклонение	1.847527	1.291708	1.832053	
Основная частота	0.000003	0.000009	0.000022	
По видимой части				
Мин. значение	0.000000	0.010585	-1.000000	
Макс. значение	6.399880	4.836054	8.617299	
Ср. арифм. значение	3.199940	3.027683	5.772922	
Ср. кв. значение	3.694978	3.291714	6.056654	
Ср. кв. отклонение	1.847504	1.291713	1.832065	
Основная частота	0.000003	0.000009	0.000022	

Рисунок 6. Табличный вид представления результатов обработки сигналов.

*Заключение.* В результате проведенных исследований и работ по совмещению цифровой тензометрической станции с двухкомпонентным динамометром произведена отладка и подобраны необходимые параметры для настройки системы, разработана методика проведения исследований. Удалось добиться: повышения точности результатов измерений, упрощения и ускорения процесса проведения исследования.

### Список литературы

1. Волков, В.С. Лабораторный практикум по торфяным машинам / В.С. Волков [и др.] Под ред. Л.Н. Самсонова. – Калинин: КПИ, 1986. – 90 с.
2. Яблонев, А.Л. Применение средств современного цифрового тензометрирования при исследовании нагруженности элементов торфяных машин / А.Л. Яблонев, Ю.В. Крутов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 8. – С. 200–205.
3. Яблонев, А.Л. Средства цифрового тензометрирования в лаборатории кафедры торфяных машин и оборудования (ТМО) Тверского государственного технического университета / А.Л. Яблонев, Ю.В. Крутов, А.Ю. Скориков // В сб. «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук», мат-лы XXVI междунаучно-практ. конф. – М.: Научно-информац. издат. центр «Институт стратегических исследований», 2015. – С. 65–70.
4. Яблонев, А.Л. Лабораторное оборудование для исследования характеристик фрезерования торфяной залежи / А.Л. Яблонев, А.Ю. Скориков, А.М. Белоусов // В сб.: «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». Материалы конференции. Под общей ред. Р.А. Ковалева. – Тула: ТулГУ, 2016. – Т. 1. – С. 187–194.

### STUDY ON CUTTING PROCESS OF PEAT MONOLITH ON THE DOUBLE ROLLER DEVICE USING DIGITAL TOOLS IN-SERVICE STRESS MEASUREMENTS

**Belousov A.M., Yablonev A.L., Zhukov N.M.**

*This article describes the equipment laboratory, provide with modern digital tools in-service stress measurements used in the Tver State Technical University while researching energy cutting process of peat in different modes. Installation diagrams and method of carrying out studies using modern digital stress-measure equipment are presented.*

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА

**Борисова Е.А., Сергеева М.А., Порохина Е.В.**  
**Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия,**  
**e-mail: agroecol@yandex.ru**

*В статье рассматриваются результаты исследования биологической активности в торфяной залежи олиготрофного болота (Томская область, Томский район). Установлено, что в погодных условиях 2015 года наибольшие показатели микробной биомассы, базального дыхания и каталазной активности наблюдались в верхней части торфяной залежи, снижаясь с глубиной.*

*Введение.* На территории Томской области большое распространение получили болота, которые занимают около 50 % ее площади [1]. Для рационального использования болот требуется всестороннее их изучение, в том числе и биологических свойств. Показателем биологической активности торфов может служить активность микроорганизмов и ферментов. Важный компонент в развитии и функционировании болотных экосистем - микробная биомасса. Об особенностях активности болотных микробоценозов сведений очень мало. Большая часть микробиологических работ оценивают распределение и запасы микробной биомассы, но они не позволяют судить об их активности и экофизиологическом статусе. Это можно исправить, используя метод субстрат-индуцированного дыхания (СИД), который дает информацию о взаимосвязи величины микробной биомассы, ее дыхательной активности и параметрах экофизиологического статуса микробного сообщества. К настоящему времени большинство микробиологических исследований, проведенных методом СИД, относятся к минеральным лесным почвам [2-5], работы, оценивающие микробоценозы торфяных почв методом СИД – единичны [6-8].

Еще одним показателем, характеризующих биологические свойства торфяных залежей, является активность ферментов. При этом пристальное внимание в настоящее время уделяется изучению активности ферментов из класса оксидоредуктаз, в том числе и каталазы, принимающей активное участие в окислительно-восстановительных реакциях преобразования органического вещества. [9]. Следует отметить, что активность каталазы в естественных торфяных залежах олиготрофного типа на территории Западной Сибири, в том числе и сезонная динамика, в настоящее время еще недостаточно изучена [9-11], что подчеркивает актуальность проводимых исследований.

Цель работы: изучение микробиологической и ферментативной активности в торфяной залежи олиготрофного типа.

*Объекты и методы.* Объектом исследований послужило болото олиготрофного типа Газопроводное (Томский район Томская область). Это типичный для междуречья Оби и Томи

вариант рослого ряма. Для исследований на болоте был выбран пункт наблюдения с мощностью торфяной залежи более 3 м. Подробная характеристика объекта исследований приведена в работе [10].

В течение вегетационного периода 2015 г. ежемесячно при помощи торфяного бура ТБГ-1 проводился отбор образцов торфа методом смешанного образца, в соответствии с ботаническим составом, на всю глубину торфяной залежи [12]. Определение респирометрических микробиологических показателей в отобранных образцах торфа (базальное дыхание (БД), микробная биомасса (БМ)) проводилось методом субстрат-индуцированного дыхания [4, 13]. Из показателей ферментативной активности определяли активность каталазы в трех повторностях [14]. Статистическая обработка данных исследования была проведена с помощью программы Microsoft Office Excel при 95 % уровне надежности.

*Результаты исследования и обсуждение.* Вегетационный период 2015 г. характеризовался как теплый и недостаточно влажный (ГТК - 1,08 при среднемноголетнем значении 1,5). Наиболее жарким месяцем был июль (средняя температура составила 18,9 °С, при норме 18,3 °С). Избыточное выпадение осадков наблюдалось в июле и августе (ГТК 1,65 и 1,85). Май отличался недостаточной влагообеспеченностью, а июнь и сентябрь были засушливыми.

Проведенные исследования показали, что микробная биомасса (МБ) за вегетационный период 2015 г. варьировала в пределах 0,11-20,27 мг/г с.т., снижаясь с глубиной в среднем в 3 раза (рис.). Полученные результаты отличаются от результатов других исследователей. Так, в работе И.Д. Гродницкой, М. Ю. Трусовой [6] показано, что максимум МБ приходится на анаэробные слои, а в работе С.Н. Сырцова [15] отмечается, что с глубиной МБ не снижается, и на глубине 250 см ее значения сопоставимы с таковыми аэробного верхнего горизонта. Такие особенности могут быть связаны с погодными условиями 2015 г. и гидротермическим режимом ТЗ. Аналогичная закономерность отмечалась и в наших исследованиях, проводимых в 2012 г. на отрогах Васюганского болота, где было обнаружено, что изменения биомассы микроорганизмов в торфяном профиле в среднем за сезон по глубине незначительны [16].

Практически по всей глубине торфяной залежи наиболее высокие значения микробной биомассы фиксировались в мае и августе (исключение слой 200-225 см), иногда в 10 раз превышая значения, отмеченные в июне и июле. Максимальные различия были характерны для верхних слоев залежи (0-25 и 50-75 см), что связано с высоким уровнем болотных вод и обильными осадками в конце июля и августе, что способствовало периодическому затоплению верхних аэробных слоев, и могло привести к развитию в них как анаэробной, так и факультативно-анаэробной микрофлоры.

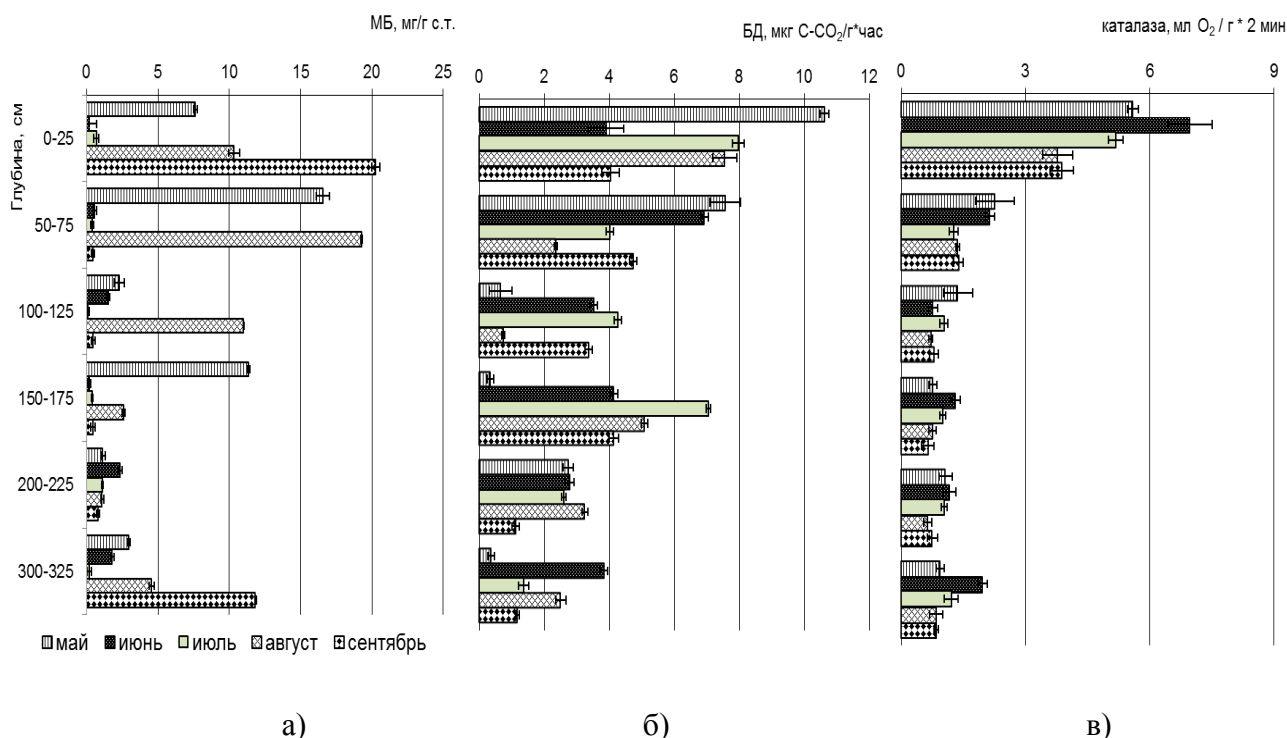


Рис. 1. Биологические показатели в торфяной залежи олиготрофного типа: микробная биомасса (а), базальное дыхание (б), активность каталазы (в).

Анализируя активность микроорганизмов в ТЗ, показателем которой является базальное (фоновое) дыхание (БД), можно также отметить его снижение с глубиной, в среднем для сезона в 2-3 раза. В верхних слоях (0-25 и 50-75 см) высокие значения БД, как и МБ, были зафиксированы в мае (10,6 и 7,6 мкг С-СО<sub>2</sub>/г·час), но летние месяцы также характеризовались достаточно высокой активностью микроорганизмов (3,9-7,9 мкг С-СО<sub>2</sub>/г·час), при их низкой численности. В слоях глубже 100 см (исключение слой 200-225 см) отмечалась обратная закономерность, минимальная активность микроорганизмов была зафиксирована в мае (несмотря на высокую биомассу микроорганизмов), максимум активности отмечался в жарком июле и засушливом июне.

По мнению Т.А. Щербаковой [17], каталазную активность можно рассматривать как показатель функциональной активности микрофлоры в разных экологических условиях. Результаты проведенных исследований показали, что активность каталазы в торфяной залежи олиготрофного болота Газопроводное в погодных условиях 2015 года варьировала в пределах от 0,64 до 6,96 мл О<sub>2</sub> за 2 минуты на 1 г в.с.т. при среднем значении 1,78 (рис.).

По сравнению с результатами, полученными ранее для западно-сибирских торфов олиготрофного типа (0,24-1,64 ед., при среднем значении 0,26 ед.) [9], можно отметить более высокую активность каталазы в исследуемой торфяной залежи. Наибольшая активность каталазы была отмечена в верхнем, хорошо аэрируемом слое торфяной залежи (0-25 см), который характеризуется постоянными окислительными условиями, большим содержанием

свежих растительных остатков и высокой численностью микроорганизмов. Вниз по профилю активность фермента снижалась в 2-6 раз, что связано, прежде всего, с ухудшением окислительно-восстановительных условий. Это также объясняется снижением с глубиной активности микроорганизмов в залежи, что подтверждают наши исследования.

Сезонная динамика каталазной активности наиболее четко проявлялась только в слоях 0-75 и 300-325 см. При этом пик активности фермента отмечался в жарком, засушливом июне. В средней части торфяной залежи (100-225 см) достоверные сезонные изменения общей каталазной активности не зафиксированы.

*Заключение.* В торфяной залежи олиготрофного болота Газопроводное в погодных условиях 2015 года самые высокие показатели микробной биомассы, базального дыхания и каталазной активности отмечались в верхней части торфяной залежи, снижаясь с глубиной.

Высокие значения микробной биомассы фиксировались практически по всей торфяной залежи в мае и августе. Активность микроорганизмов, характеризуемая величиной базального дыхания, была наибольшей в верхних слоях (0-25 и 50-75 см) в мае, снижаясь в летний период. В слоях глубже 100 см, напротив, в мае наблюдалась минимальная активность микроорганизмов. В сезонной динамике каталазной активности пик активности отмечался в июне в верхних слоях залежи (0-75 см) и придонном слое (300-325 см).

### Список литературы

1. Инишева, Л.И. Торфяные ресурсы Томской области и направления их использования / Л.И. Инишева, В.С. Архипов [и др.]. - Новосибирск: изд-во Сибирского отделения РАН, - 1995. - 85 с.
2. Сусьян, Е.А. Углерод микробной биомассы в профиле лесных почв южной тайги / Е.А. Сусьян, Н.Д. Ананьева, Е.Г. Гавриленко [и др.] // Почвоведение. - 2009. - № 10. - С. 1233-1240.
3. Ананьева, Н. Д. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) / Н.Д. Ананьева, Е.А. Сусьян [и др.] // Почвоведение. - 2009. - № 9. - С. 1108-1116.
4. Сусьян, Е.А. Изменение микробной активности по профилю серой лесной почвы и чернозема / Е.А. Сусьян, Д.С. Рыбьянец, Н.Д. Ананьева // Почвоведение. - 2006. - № 8. - С. 956-964.
5. Ananyeva, N.D. Microbial Respiration Activities of Soils from Different Climatic Regions of European Russia / N.D. Ananyeva, E.A. Susyan, O.V. Chernova, S. Wirth // European J. Soil Biol. - 2008. - V. 44. - № 2. - P. 147-157.
6. Гродницкая, И.Д. Микробные сообщества и трансформация соединений углерода в болотных почвах таежной зоны (Томская область) / И.Д. Гродницкая, М.Ю. Трусова // Почвоведение. - 2009. - № 9. - С. 1099-1107.
7. Гродницкая, И.Д. Микробная активность торфяных почв заболоченных лиственничников и болота в криолитозоне Центральной Эвенкии / И.Д. Гродницкая, Л.В. Карпенко, А.А. Кнорре, С.Н. Сырцов // Почвоведение. - 2013. - № 1. - С. 67-79.
8. Инишева, Л.И. Динамика биохимических процессов и окислительно-восстановительное состояние в геохимически сопряженных ландшафтах олиготрофного болота / Л.И. Инишева, Л. Шайдак, М.А. Сергеева // Почвоведение. - 2016. - № 4. - С. 505-513.
9. Савичева, О.Г. Биологическая активность торфяных болот / О.Г. Савичева, Л.И. Инишева // Сибирский экологический журнал № 5. -2000.- С. 607-614.
10. Порохина, Е.В. Функционирование олиготрофного болота в засушливых условиях / Е.В. Порохина, М.А. Сергеева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. - 2017. - №5. - С. 337-346.

11. Ефремова, Т.Т. Сезонная оксиредуктазная активность осушенных торфяных почв в связи с гидротермическими условиями среды / Т.Т. Ефремова, Т.М. Овчинникова // Сибирский экологический журнал. - 2008. - №3. - С. 441-449.
12. Инишева, Л.И. Болотообразовательный процесс. Проведение полевых работ на болотных стационарах / Л.И. Инишева, О.А. Голубина, А.Б. Бубина // Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2010. - 67 с.
13. Anderson, J.P.E. A Physiological Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soils / J.P.E. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biol. Biochem. - 1978. - V. 10. - № 3. - P. 314-322.
14. Инишева, Л.И. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов / Л.И. Инишева, С.Н. Ивлева, Т.А. Щербакова. - Томск: Издательство Томского государственного университета, 2003. - 122 с.
15. Сырцов, С.Н. Функциональные особенности болотных микробценозов на территории Средней Сибири / С.Н. Сырцов // Болота и биосфера : Материалы VII Всероссийской с международным участием научной школы (13-15 сентября 2010 г.). - Томск: Изд-во Томского государственного педагогического университета, 2010. С. 253-256.
16. Сергеева, М.А. Динамика микробной биомассы олиготрофного болота / М.А. Сергеева, С.В. Шкрёбова // Вестник ТГПУ. -2013. - Вып. 8 (136). - С. 143-149.
17. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова.-Минск: Наука и техника, 1983. -222 с.

## **BIOLOGICAL ACTIVITY OF OLIGOTROPHIC BOGS**

**Borisova E.A., Sergeeva M.A., Porokhina E.V.**

*Results of the study of biological activity in the peat deposit of oligotrophic swamp (Tomsk region) the article considers. It was found that in the weather conditions of 2015 the highest rates of microbial biomass, basal respiration and catalase activity were observed in the upper part of the peat deposit, decreasing with depth.*



## ВЫБОР КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ВЕРХОВОГО ТИПА

**Волконская В.А., Пухова О.В.**

**Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: owpuhova@mail.ru**

*В статье представлены результаты исследования выбора комплекта оборудования для качественного ремонта производственных площадей на торфяном месторождении верхового типа. Наибольшая производительность комплекта достигается при получении оптимальной величины длительности обработки площади за счет увеличения количества, производительности, сменности работы оборудования и сокращения повторности операций, а также при оптимальной постановке работы оборудования внутри исследуемой технологической схемы.*

*Введение.* Повышение использования торфа позволит увеличить добычу торфяного сырья, технология добычи которого зависят от направления дальнейшего использования [1, 2]. Различные виды торфяной продукции требуют и различного качества торфяного сырья. Это требование частично может выполняться при подготовке торфяных месторождений и ремонта полей для целей комплексного использования.

Все основные операции ремонта производственных площадей торфяных месторождений механизированы [3]. Однако доля этих работ в общих затратах при производстве торфяной продукции весьма значительна. Поэтому совершенствование технологии ремонта действующих производственных площадей является одной из основных задач по улучшению качества добываемого энергетического топлива или другого сырья, повышению надежности технологического процесса и рабочего оборудования, а также снижению трудоемкости и стоимости работ.

*Основная часть.* Выбор комплекта оборудования для ремонта производственных площадей должен исходить из требования к качеству торфяной продукции, производительности оборудования, экономической эффективности и характеристики торфяной залежи.

Составлены три комплекта оборудования по ремонту поверхности торфяных полей:

1 комплект – машина глубокого фрезерования МПГ-2.24, погрузчик пней ПП-1А, профилировщик поверхности МТП-52;

2 комплект – корчеватель МТП-26, погрузчик пней МТП-29, профилировщик поверхности МТП-52;

3 комплект – машина глубокого фрезерования МТП-42, профилировщик поверхности МТП-52.

Применение методов корчевания на залежах низкой степени разложения, даже с активными рабочими аппаратами, не позволяет качественно отделить пни от торфа, что

подтверждается опытами на торфяном месторождении «Сятинский Мох» Тверской области. Краткая характеристика залежи на опытных участках показана в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика залежи на опытных участках

№	Тип залежи	Вид торфа	Влажность залежи, %	Степень разложения, %	Пнистость залежи, %
1	верховой	пушицево-сфагновый	82,5	20-25	4,3-4,6
2	верховой	магелланикум	83,6	15-20	1,2-1,4

Результаты проведенных замеров представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты замеров по засоренности поля

№	Масса, кг				Объем, м <sup>3</sup>		
	пней		торфа		пней		торфа
	из кузова	из слоя	из кузова	из слоя	из кузова	из слоя	из кузова
1	4089,8	26,4	1756,6	554,6	11,3	0,04	3,4
2	1900,9	10,8	5432	1271,9	8,1	0,02	10,7

Анализ таблицы 2 показывает, что засоренность скорчеванного слоя торфа древесными остатками размером 25 мм на первом поле составила 0,84 %, а примеси торфа в гусеничных прицепах МТП-24-А. было около 74 %. На втором поле было, соответственно, 4,55 % и 30,1 %, Наличие примесей торфа приводит к дополнительным затратам по вывозке и осложняет использование пней.

Схема ремонта способом глубокого фрезерования с одновременной сепарацией древесных включений (МППГ-2,24) позволяет снизить засоренность верхнего слоя древесными включениями в 3-4 раза. На залежах низкой степени разложения 15-20 % при ремонте полей достигалась полная сепарация древесных включений от торфа в переработанном слое. Но в этом случае получается наиболее высокая засоренность в валке торфом. После незначительного подсыхания и дополнительной сепарации при погрузке пней из валка погрузчиком ПП-1 этот недостаток устраняется.

Составлена программа по расчету технико-экономической эффективности ремонта производственных площадей. Комплект оборудования по ремонту поверхности торфяных полей в каждой технологической схеме рассматривается как производственная единица, эффективность работы которой зависит от эффективности использования входящих в нее машин (рис.):

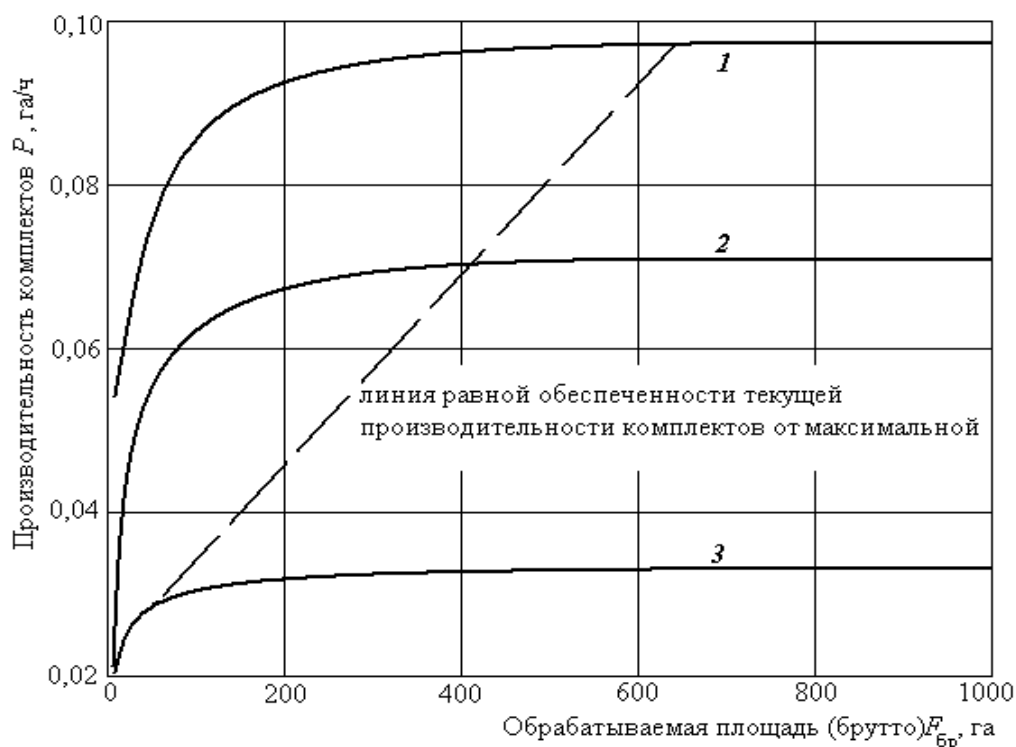


Рисунок. Кривые изменения производительности комплектов на ремонте поверхности фрезерных полей верхового типа в зависимости от величины обрабатываемой площади (для плотности  $\Pi = 3\%$ ): 1 – комплект МПГ-2.24 – ПП-1А – МТП-52; 2 – комплект МТП-26 – МТП-29 – МТП-52; 3 – комплект МТП-42 – МТП-52.

Производительность комплекта оборудования  $P$  принимаемой в качестве целевой функции, может быть выражена в виде:

$$P = f \left( F, \sum_{i=1}^n \frac{F_i m_i}{N_i S_i K_i} \right) = \max ,$$

где  $F$  – величина обрабатываемой площади, га;  $m_i$ ,  $N_i$ ,  $S_i$ ,  $K_i$  – соответственно, коэффициент повторности, количество, производительность в час валового времени, коэффициент сменности оборудования  $i$ -ой операции.

Наибольшее значение производительности комплекта достигается при получении оптимальной величины длительности обработки площади ( $T_{\text{опт}}$ ) за счет увеличения количества, производительности, сменности работы оборудования и сокращения повторности операций, а также при оптимальной постановке работы оборудования внутри исследуемой технологической схемы.

При этом оптимальное значение рассматриваемой величины при изучении технологического процесса из  $n$  операций можно представить в виде:

$$T_{\text{опт}} = T_1 + \sum_2^n \Delta t_i^{\text{опт}} = \min ,$$

где  $T_1$  – время работы машины первой операции при обработке всей площади, ч;  $\sum_2^n \Delta t_i^{\text{опт}}$

– суммарное значение оптимального времени отставания всех последующих операций от предыдущих в момент завершения работы, ч.

В каждой технологической схеме все операции процесса выполняются в строгой очередности и взаимосвязаны друг с другом. Причем некоторые операции в технологическом цикле выполняются с заданной повторностью.

Для сравнения комплектов оборудования каждой технологической схеме по производительности необходимо поставить их в равнозначные условия, то есть рассматривать при одинаковой плотности, количестве машин и коэффициенты сменности по операциям принимать равным единице, а качество произведенных работ, удовлетворяющее потребителя.

Анализ рисунка показывает, что производительность технологических комплектов в рассмотренных схемах ремонта поверхности торфяных месторождений меньше производительности машин, занятых на выполнении основной операции. Причем величина производительности комплекта зависит не, только от производительности машин на основной операции, но и от количества и повторности выполнения всех операций в цикле. Максимальная производительность комплекта достигает значения в разных технологических схемах от 55,1 до 99,9 % производительности машин основной операции.

Сокращение разрыва между производительностью комплекта и производительностью оборудования на основной операции достигается за счет уменьшения количества и повторности операций в цикле, а также использования оборудования более высокой производительности во всех последующих операциях.

Анализ рисунка показывает, что наибольшую производительность и минимальный разрыв имеет первый комплект МПГ-2.24 – ПП-1А – МТП-52. Это указывает на рациональный выбор оборудования на операциях процесса ремонта производственных площадей по производительности, а так же на снижение количества и повторности операций в сравнении с другими технологическими схемами.

На величину производительности комплекта так же оказывает влияние величина обрабатываемой площади. При этом во всех исследуемых схемах с увеличением площади наблюдается рост производительности комплектов.

*Заключение.* Таким образом, проведенный анализ работы комплектов показывает, что

для повышения производительности их необходимо, наряду с увеличением производительности оборудования основной операции, сократить количество и исключить повторность последующих операций в каждой технологической схеме. Снижение трудоемкости и стоимости работ предполагается достичь за счет разработки технологических процессов с утилизацией древесины, сокращения числа операций по схемам за счет комбайнирования, сокращения повторное операций посредством применения машин с дифференцированной глубиной обработки.

### Список литературы

1. Мисников, О.С. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья / О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев, А.А. Михайлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2011. – № 9. – С. 84–92.
2. Купорова, А.В. Направления осушения месторождений в геотехнологиях торфа и сапропеля / А.В. Купорова, О.В. Пухова, Д.М. Ермияш // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2011. – № 11. – С. 36–40.
3. Сергеев, Ф.Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей / Ф.Г. Сергеев. – М.: Недра, 1985. – 256 с.

### SELECTION OF COMPLEX EQUIPMENT FOR THE REPAIR OF AREAS OF PEAT DEPOSITS UPLAND Volkonskaya V.A., Puhova O.V.

*The article presents the results of the study of the selection of equipment for quality repair of production areas in the peat field of the upper type. The highest productivity of the set is achieved by obtaining the optimal value of the processing time of the area by increasing the number, productivity, changeability of the equipment and reduce the recurrence of operations, as well as the optimal setting of the equipment within the test flowsheet.*

## ОБЗОР ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ САМОВОЗГОРАНИЯ ТОРФА И БУРОГО УГЛЯ

Громька Д.С.<sup>1</sup>, Кремчеев Э.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Горный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: poloronta@yandex.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский Горный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: kremcheev@mail.ru

*При оценке экологической нагрузки многие авторы зачастую не принимают во внимание явление эндогенного самовозгорания угля, которое может привести к выделению в атмосферу различных токсичных веществ. В случаях недостаточного контроля за данным процессом и несвоевременным принятием противопожарных мер, процесс самовозгорания может стать причиной возникновения экологической катастрофы. Однако выполнение превентивных мер невозможно без предварительного исследования основных параметров процесса самовозгорания и создания математической модели процесса, а также выполнения анализа выделения основных пожарных газов при разных температурах. В данной работе представлены результаты анализа современного опыта проведения экспериментальных исследований процессов самовозгорания бурого угля.*

*Введение.* По результатам исследований последних лет [1, 2], основным природным фактором, приводящим к саморазогреванию и самовозгоранию угля и торфа является химическая активность к кислороду, а факторы, влияющие на данный параметр, делят на интенсивные (зольность, влажность, теплопроводность, содержание пирита и др.) и экстенсивные (толщина пласта, толщина слоя, горное давление, высота штабеля и др.).

Единой теории самовозгорания торфа нет. Некоторые авторы описывают данный процесс как происходящий исключительно в штабелях добытого фрезерного торфа с влажностью около 35 % [3].

Однако для каждого из исследуемых месторождений число факторов самовозгорания, равно как и количественная оценка степени их влияния на эндогенную пожароопасность различно, что не позволяет создать обобщенную модель развития данного процесса.

В связи с отсутствием единого подхода и разрозненностью сведений относительно динамики процессов самонагревания и самовозгорания следует продолжать поисковые исследования.

*Материалы и методы исследования.* С точки зрения термодинамики процесса самовозгорания, выделяют 3 стадии его протекания: стадия низкотемпературного окисления, стадия самонагревания и стадия самовозгорания [4]. При изучении процесса обычно рассматривается только фаза самонагревания. Эта стадия является ранней стадией эндогенного пожара, ее продолжительность определяется инкубационным периодом, то есть отрезком времени, за который температура углеводородного сырья изменится от естественной

до критической температуры самонагрева (КТС). Под критической температурой самонагрева (КТС) понимают предельное значение температуры в очаге, при достижении которой процесс самонагрева принимает необратимый характер и переходит в возгорание [5].

Аналитическая модель описания процесса самовозгорания описывается в методике расчета инкубационного периода самовозгорания угля, приведенной в приказе Ростехнадзора № 680 [6]. По данной методике продолжительность инкубационного периода рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{инк}} = \sum \frac{\Delta T}{Q_{\text{ген.}} - Q_{\text{вып.}} - Q_{\text{исп.}}}, \text{сут}$$

где  $\Delta T$  – изменение температуры скопления угля за единичный отрезок времени, К;  $Q_{\text{ген.}}$  – скорость генерации тепла при взаимодействии кислорода с углем, град/с;  $Q_{\text{вып.}}$  – скорость выноса тепла воздухом, град/с;  $Q_{\text{исп.}}$  – скорость выноса тепла за счет испарения, град/с.

Экспериментальные модели основаны на различных видах анализа угля для определения параметров его самонагрева. В источнике [2] предложено классифицировать такие методы, разделив на 4 группы:

- классические методы, основывающиеся на определении скорости нагрева при адиабатических условиях;
- термические методы, в основе которых лежит анализ потерь массы при нагревании топлива при разных скоростях. Данные методы чаще всего применяют термогравиметрические анализаторы и дифференциальные сканирующие спектрометры (ТГА-ДСК) в качестве приборной базы;
- методы анализа энергии активации;
- изотермические методы, использующиеся чаще всего для определения температуры самонагрева.

Первый группа методов часто используется для определения скорости роста температуры, а также продолжительности инкубационного периода. Например, в работе [2] описывается так называемая R70 модель, которая позволяет оценить среднюю скорость процесса самонагрева в диапазоне температур от 40 до 70 °С. При этом описывается следующая последовательность процедур:

В ходе эксперимента получают график зависимости, отражающий изменение температуры угля во времени для двух видов углей (рис. 2).

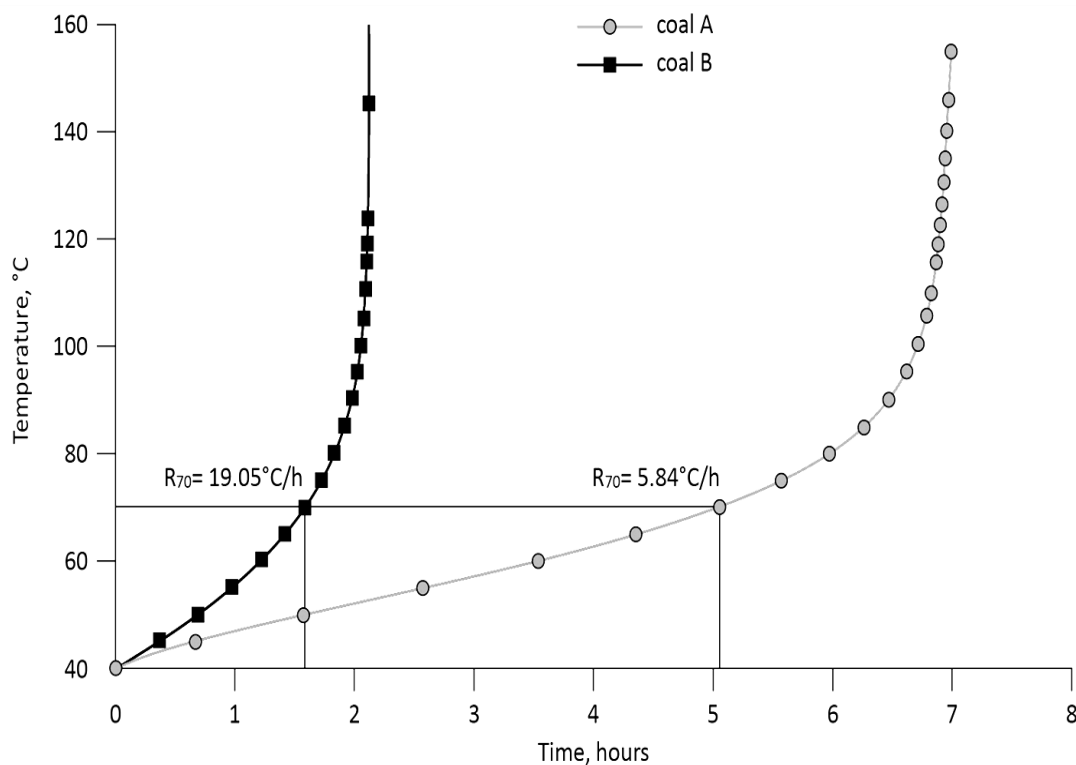


Рисунок 2. Кривая самонагрева двух видов угля по модели R70 [2].

Термические методы анализа позволяют оценить величину массопотери при различных скоростях нагрева, а также исследовать химические процессы, протекающие при температурах, при которых происходит потеря массы. Например, в работе [7] приведены графики потери массы бурых углей (Гуджарат, Индия). В ходе работы установлено, что величина энергии активации угля падает при росте скорости нагрева.

Помимо кинетических исследований, существует еще одна группа экспериментальных работ, нацеленных на исследование процессов выделения индикаторных пожарных газов при повышении температуры очага самонагрева. Подобные исследования в нашей стране чаще всего применяются для торфяных месторождений, ввиду распространенности данного полезного ископаемого на территории России [8]. Исходя из исследования [9] при нагревании торфа до температуры 250 °C в атмосферу выделяются газы, такие как монооксид и диоксид углерода, фенолы, кислородсодержащие соединения. В этом же источнике указывается на зависимость полноты выхода указанных газов от температуры торфа. Таким образом, данные исследования могут быть использованы для объективной классификации эндогенного пожара на ранней стадии путем оценки температурных интервалов выделения индикаторных газов.

В некоторых работах [2, 10, 11] предлагается проводить анализ изменений поведения очага самовозгорания по изменению индикаторных газовых коэффициентов или отношений



концентраций индикаторных пожарных газов. Такие коэффициенты, как коэффициент Грэхема или Джоунса-Триккета, часто используются при мониторинге пожароопасности шахт [2]. Такой метод менее чувствителен к изменению внешних параметров при проведении полевых работ, чем индикация с использованием одиночного газа.

Метод газового анализа нашел применение в Австралии, где существует рабочая модель СВЗ, используемая для анализа газового состава и определения температуры очага [12].

Исследование концентрация индикаторных пожарных газов применяется в нашей стране для локации очагов эндогенных пожаров при подземной разработке угля. Метод мониторинга эндогенной пожароопасности можно встретить во многих отечественных исследованиях [5, 13, 14] Суть методов заключается в исследовании зависимости определенного параметра газового состава (влажности, концентрации угарного газа, метана, аэрозоля, радона) от температуры очага подземного пожара.

Также перспективным направлением обнаружения очагов самовозгорания является применение геофизических методов [15]. Сущность методов заключается в применении дипольного электропрофилеирования и дипольного электропросвечивания штабелей угля или торфа. Электрическое поле создается и регистрируется синхронно перемещаемыми питающим и измерительным диполями.

Как обобщение рассмотренных методов, а также в качестве самостоятельной группы методов, выступают многомерная классификация. Применение данной методики встречается в источнике [17]. В работе были определены эталонные значения параметров, влияющих с различной степенью (вес признака) на эндогенную пожароопасность. По отклонению параметров от эталонных, предложено проводить ранжирование сырья по степени опасности самовозгорания.

*Результаты и их обсуждение.* Обзор существующих методов исследования процессов самонагревания и эндогенного горения угля и торфа позволил оценить возможность применения ранее разработанных методов для реализации более детальных экспериментальных исследований данных видов топлива.

Для получения предварительных сведений о продолжительности инкубационного периода целесообразно воспользоваться методикой [6].

Оценка технических возможностей приборной базы Горного университета, и состав экспериментальных установок, описанных в [2, 5, 7], позволили предложить для оценки параметров торфяного сырья и углей проведение эксперимента по методике, приведенной в [7], с использованием TGA-анализатора, обеспечивающего контроль термического режима при скорости нагрева менее 6 °С/мин, и дополнительно соединенным с модулем ДСК, для анализа термических эффектов при основных химико-термических преобразованиях

исследуемого сырья. В соответствии с результатами, полученными в работах [5, 9, 10, 13] ожидается обнаружения следующих индикаторных пожарных газов: радон, угарный газ, водород, фенолы, углекислый газ. Также для прогнозирования самовозгорания следует использовать коэффициенты-индикаторы, описанные в работе [10].

*Выводы.* По итогам проведения обзорных исследований были сформулированы следующие основные выводы:

1. Методы изучения процессов самовозгорания схожи для различных видов твердых топлива и применимы с незначительными изменениями, объем и характер которых определяется начальными параметрами полезного ископаемого в залежи, параметрами технологии его добычи и первичной переработки;

2. Наиболее действенной группой методов обнаружения очагов пожаров следует считать методы, основанные на газовом анализе, ввиду их простоты и универсальности.

### Список литературы

1. Торпо, Т.В. Методика, ход и результаты исследования процесса самовозгорания угля / Т.В. Торпо, А.В. Ремезов, Г.Н. Роут // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 4. – С. 18–25.
2. Dr Sloss, L.L. Assessing and managing spontaneous combustion of coal. – UK: IEA Clean Coal Centre, 2015.
3. Куксин, Г.В. Рекомендации по тушению торфяных пожаров на осушенных болотах / Г.В. Куксин, М.Л. Крейндин, Н.А. Коршунов. – М.: ВИПКЛХ, 2015. – 112 с.
4. Jun Deng, Changkui Lei, Yang Xiao, Kai Cao, Li Ma, Weifeng Wang, Bin Laiwang. Determination and prediction on “three zones” of coal spontaneous combustion in a gob of fully mechanized caving face // Fuel. – 2018. – Vol. 211. – P. 458–470.
5. Игишев, В.Г. Выделение индикаторных пожарных газов при окислении угля на стадиях самонагревания и беспламенного горения / В.Г. Игишев [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2015. – № 4. – С. 55–59.
6. Приказ Ростехнадзора от 01.12.2011 N 680 (ред. от 08.08.2017) "Об утверждении Инструкции по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок" (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2011 N 22815) [Электронный ресурс] // ИПС «Консультант-Плюс» (дата обращения 09.11.2017).
7. Vimal R Patel, Rajesh N Patel, Vandana J Rao. Kinetic parameter estimation of lignite by thermo-gravimetric analysis // Procedia Engineering. – 2013. – Vol. 51. – P. 727–734.
8. Kremcheev, E.A., Nogornov, D.O. Environmentally Compatible Technology of Peat Extraction // Life Science Journal. – 2014. – Vol. 11 (11s). – P. 453–456.
9. Misnikov, O.S., Dmitriev, O.V., Popov, V.I. [et al.] The use of peat-based water repellants to modify fire-extinguishing powders // Polym. Sci. Ser. D. – 2016. – Vol. 9. – P. 133.
10. R. Moria, R. Balusu, K. Tanguturi, M. Khanal. Prediction and control of spontaneous combustion in thick coal seams // 13th Coal Operators' Conference, University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia. – 2013. – P. 232–239.
11. Tao Xu. Heat effect of the oxygen-containing functional groups in coal during spontaneous combustion processes // Advanced Powder Technology. – 2017. – Vol. 28 (8). – P. 1841–1848.
12. Beamish, B., Beamish, R. Testing and sampling requirements for input to spontaneous combustion risk assessment // Proceedings of the Australian Mine Ventilation Conference. – 2012. – Vol. 1. – P. 15–21.

13. Коршунов, Г.И. Контроль очагов самовозгорания на угольных шахтах с помощью измерения плотности потока радона / Г.И. Коршунов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 6. – С. 194–196.
14. Портола, В.А. Обнаружение процесса самонагрева угля по содержанию жидкого аэрозоля / В.А. Портола, С.Н. Лабукин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2010. – № 2. – С. 14–19.
15. Ерастов, А.Ю. Опыт применения геофизической съемки и тепловизионного контроля для выявления очагов самонагрева на угольных складах и выбора способа их тушения / А.Ю. Ерастов [и др.] // Научно-технический журнал "Вестник" – 2012. – № 2. – С. 152–156.
16. Голынская, Ф.А. Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости бурых углей // Новые идеи в Геологии Нефти и Газа. – 2017. – № 1. – С. 67–70.

## **THE APPLICABILITY OF LIGNITE AND PEAT SPONTANEOUS COMBUSTION PROCESS IDENTIFICATION METHODS REVIEW**

**Gromyka D.S., Kremcheev E.A.**

*While making an environmental impact assessment, many authors disregards coal endogenic spontaneous combustion process, which can lead to emission of toxic constituents. Self-combustion of coal may cause environmental disaster in cases when this process is controlled inadequately or when fire-preventing measures are taken tardily. However, the implementation of fire-preventing measures is impossible if the advance research of key parameters of self-combustion processes is not conducted, as well as its mathematical model creation and fire gases key compounds different temperature emission analysis. In this article, results of current experience of lignite and peat spontaneous combustion processes experimental researches conduction are presented.*

## АКТИВНЫЕ ПРИЦЕПНЫЕ МОДУЛИ МАШИНОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ВНУТРИМАССИВНОГО ТРАНСПОРТА ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ

Грудинин Н.Н., Кремчев Э.А.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: ngrudinin@gmail.com; kremcheev@mail.ru

*Статья посвящена исследованиям в области применения машинотракторных агрегатов с активными прицепными модулями в условиях низкой несущей способности торфяной залежи. Актуальность предмета исследования заключается в полном рассмотрении всех аспектов касающихся транспортной схемы торфяного предприятия при использовании пневмоколесных транспортных машинотракторных агрегатов как единого универсального комплекса транспортных машин на колесном ходу.*

*Введение.* Теоретические исследования и натурные эксперименты показали [3, 5-9, 14, 15], что основными компоновочными схемами пневмоколесных машинно-тракторных агрегатов, применение которых возможно в условиях низкой несущей способности торфяной залежи, являются: колесный трактор с двухосным прицепом; колесный трактор с одноосным или тандемным полуприцепом; колесный трактор с двухосным прицепом или полуприцепом, с приводными колесами. Последняя схема является перспективной и в настоящих условиях не может быть реализована ввиду отсутствия серийного производства активных прицепов и полуприцепов, удовлетворяющих требованиям разработанной технологической схемы.

Для оценки возможностей реализации на практике транспортной схемы на основе пневмоколесных транспортных машинотракторных агрегатов (далее Тр-ПМТА) был проведен комплекс полевых экспериментальных исследований торфяных залежей в различном состоянии (по степени осушения) с целью оценки их несущей способности и перспективности реализации транспортной схемы на новом технико-технологическом уровне [5, 6].

*Объекты и методы.* В результате проведенных исследований установлено, что даже при неудовлетворительном состоянии системы осушения производственных полей месторождения, несущая способность торфяной залежи, достигнутая в результате ее уплотнения в годы эксплуатации, достаточна для движения колесных тракторов и прицепов со сдвоенными колесами [2, 3, 5, 6, 15]. Для модульного торфяного производства, при построении транспортной схемы, следует считать возможной организацию внутримассивного транспорта торфяного сырья и его вывозки на переработку с использованием единого универсального комплекса транспортных машин на колесном ходу на основе Тр-ПМТА.

Многофункциональность оборудования транспортного модуля позволяет избежать простоев оборудования по технологическим причинам и повысить эффективность его эксплуатации в первую очередь по удельным энергозатратам на транспортирование. Круглогодичная работа транспортного модуля на операциях добычи торфяного сырья и

внешних транспортных операциях обеспечивает постоянную загруженность техники и персонала, что является существенным социальным аспектом. Использование в транспортном модуле (при реализации стадийной технологии экскаваторной добычи торфяного сырья) комплекса транспортных машин на колесном ходу на основе единого Тр-ПМТА видится экономически целесообразным и обоснованным решением [3, 5-9, 14, 15].

В транспортном модуле торфяного предприятия следует выделить два основных направления использования Тр-ПМТА: внутримассивный транспорт торфяного сырья; транспорт торфяного сырья до перерабатывающего модуля.

Рациональное состояние технологического процесса добычи торфяного сырья по предлагаемой схеме достигается реализацией транспортной концепции, где перемещение сырья осуществляется в тот момент, когда в последующей операции уже использована «единица» торфяного сырья, т.е. транспортная операция инициируется последующей операцией производственного цикла. Такая система, основанная на внутреннем спросе, показывает большую эффективность в отличие от принятой в настоящее время выталкивающей системы, в которой материалы перемещаются по межоперационному циклу производственного процесса независимо от реальной потребности в них (например, сформированный штабель фрезерного торфа не отражает реальную потребность перерабатывающего предприятия).

При выборе трактора-тягача и прицепа Тр-ПМТА, руководствуясь рекомендациями ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции», при балльной оценке в процессе комплектации Тр-ПМТА для торфодобывающего предприятия в карте технического уровня предлагается применять следующие группы показателей: показатели назначения; показатели надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости); эргономические показатели; показатели технологичности; показатели унификации; экологические показатели; показатели безопасности; экономические показатели.

При выборе оборудования транспортного модуля необходимо поэтапно выполнить следующие работы: определить условия эксплуатации техники; на основе экспертного подхода произвести выбор и обоснование номенклатуры показателей, определяющих технический уровень техники; выявить лучшие сопоставимые отечественные и зарубежные аналоги серийно выпускаемых машин оборудования и выбрать базовый образец; экспертной оценкой определить численные значения показателей качества оцениваемой техники и базового образца; осуществить выбор метода оценки технического уровня транспортных машин и оборудования; получить результат оценки и принять решение.

Расчет суммы баллов с учетом коэффициента значимости позволяет получить наиболее рациональное сочетание (для сложившегося рынка техники) колесный трактор – прицеп для заданных условий эксплуатации Тр-ПМТА.

*Результаты исследования и обсуждение.* Исследованиями установлено, что наилучшие технико-экономические показатели в торфяной отрасли могут быть получены при использовании 2-х групп колесных тракторов, имеющих, соответственно, двигатель мощностью 90-110 и 130-150 кВт [10-13]. Несмотря на получаемые более низкие, в сравнении с гусеничными тракторами, тягово-эксплуатационные показатели, в целом, эффективность применения колесных тракторов может быть выше гусеничных за счет рационального выбора параметров прицепа и обеспечения рациональной загрузки оборудования в течение года. Необходимый объем кузова прицепа определяется несущей способностью торфяной залежи и тягово-сцепными свойствами тягача Тр-ПМТА.

Серийно производимые самосвальные тракторные полуприцепы и прицепы, как правило, имеют цельнометаллические кузова прямой геометрии с открывающимся задним бортом. С целью обеспечения большей маневренности машинно-тракторного агрегата и лучших сцепных свойств машины следует выбирать полуприцепы и прицепы с возможно наименьшей колесной базой.

Адаптацию прицепов к эксплуатации на торфяной залежи, обладающей низкой несущей способностью, следует, как и для тракторов, производить путем применения спаренных колес. Использование арочных шин повышенной проходимости в данном случае возможно, но ограничено, поскольку в соответствии с предлагаемой транспортной концепцией предполагается выход техники на дороги с твердым покрытием, где будет происходить повышенный износ тонкостенной оболочки и протектора арочной шины. Кроме того, при разработке мелкоконтурных участков торфяных месторождений весь внутримассивный транспорт возможно осуществлять торфяным погрузчиком на пневмокатках по аналогии с применением погрузочно-доставочных машин на рудниках. В этом случае выход Тр-ПМТА на торфяное основание с малой несущей способностью будет практически ограничен.

В случае неполного использования грузоподъемности прицепа, при условии достаточного запаса по тягово-сцепным характеристикам машинно-тракторного агрегата, возможно увеличение высоты бортов и, как следствие, уменьшение количества единиц техники в транспортном модуле предприятия.

Адаптация серийных транспортных машин к конкретным условиям торфяного производства заключается, в основном, в конструктивном изменении кузовов тракторных тележек с целью полного использования мощности машинно-тракторного агрегата, а также в мероприятиях по уменьшении давления агрегата на залежь. Одна из последних работ в

области оценки взаимодействия пневмоколесного движителя с торфяной залежью выполнена в ТвГТУ [4, 15].

Время оборота Тр-ПМТА при внутримассивном транспорте торфяного сырья или при вывозке из штабеля на переработку определяется следующим образом:

$$T = (t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{г}} + t_{\text{нг}}) \cdot 1,2, \quad (1)$$

где  $t_{\text{п}}$  и  $t_{\text{р}}$  – время погрузки и разгрузки Тр-ПМТА, мин.;  $t_{\text{г}}$  и  $t_{\text{нг}}$  – время движения транспорта в груженом и порожнем рейсах, мин. Величины, входящие в выражение 1, определяются расчетным путем или в результате хронометражных наблюдений. Коэффициент 1,2 является коэффициентом запаса.

Для полного использования производительности погрузочных машин необходимо определить требуемое количество Тр-ПМТА, задействованных на вывозке торфяного сырья ( $i$ -той операции):

$$N_{\text{Тр-ПМТА}} = 1 + \frac{Q_{\text{п}} \cdot T}{60 \cdot V}, \quad (2)$$

где  $V$  – емкость кузова прицепа Тр-ПМТА, м<sup>3</sup>.

Расчетная продолжительность цикла работы Тр-ПМТА на вывозке торфяного сырья должна быть равна или меньше суммарного времени погрузки остальных задействованных Тр-ПМТА:  $T \leq N_{\text{ПМТА}i} \cdot t_{\text{п}}$ .

Дальность вывозки торфяного сырья до перерабатывающего модуля при использовании Тр-ПМТА лимитируется только в зимнее время и только для торфяного сырья повышенной влаги, когда возможно его примерзание к кузову транспортной машины. Однако известны случаи организации транспорта торфа натуральной влажности при отрицательных температурах на расстояние до 40 км [1].

*Заключение.* Применение унифицированного агрегата, адаптированного для внутримассивного транспорта торфяного сырья и его вывозки на перерабатывающее предприятие, позволит снизить затраты на эксплуатацию и ремонт техники. А также повысит надежность транспортной схемы [5, 6, 8, 9, 15].

Перевозки на расстояния, большие, чем это необходимо, или создание временных мест размещения, хранения и складирования торфяного сырья, лишние перемещения его с места на место – все это будет приводить к потерям времени и энергии. Кроме того, размещение сырья в местах временного хранения повышает вероятность потери качества от намокания или промерзания, хищений, мешает нормальному движению материальных потоков внутри предприятия.

При решении вопросов по организации схем движения транспортных машин как внутримассивного, так и внешнего транспорта по торфяной залежи с целью снижения вероятности возникновения отказов транспортной схемы по условиям проходимости предложен подход, основанный на организации динамически изменяющихся или постоянно действующих технологических коридоров, занесенных в систему навигации транспортных машин и взаимосвязанных с ГИС конкретного месторождения где управляющий модуль торфяного предприятия лимитирует количество проходов транспортной машины по технологическому коридору (трассе), обеспечивая необходимые условия по рациональному использованию несущей способности залежи. Указанный подход реализован в разработанном программном комплексе [16] предназначенном для управления технологическим процессом добычи крошкообразного торфяного сырья с учетом массива ГИС данных месторождения и реальных метеоусловий.

### Список литературы

1. Баталов, А.П. Расчет нагрузок на стены бункеров цилиндрической формы / А.П. Баталов, Э.А. Кремчеев // Записки Горного института. – 2008. – Т. 178. – С. 31–34.
2. Гиршин, М.Е. Тяговые показатели трактора Т-150К на торфяной залежи / М.Е. Гиршин, Б.А. Латинский // Труды ВНИИТП. – Л., 1990. – Вып. 65. – С. 63–69.
3. Исследование проходимости и тягово-сцепных свойств колесных тракторов МТЗ в условиях торфодобычи и разработка рекомендаций по их повышению: отчет о НИР: х/д №1560/95 / Г.В. Казаченко, Г.А. Таяновский, Г.А. Басалай. – Минск: БГПА, 1996. – 99 с.
4. Казаченко, Г.В. О статической устойчивости горных машин на колесном ходу / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Э.А. Кремчеев // Сборник трудов Международной научно-технической конференции посвященной 80-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Беларуси, доктора технических наук, профессора Кислова Николая Владимировича «Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых» 17-20 апреля 2012 г. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 253–258.
5. Кремчеев, Э.А. Организация транспорта торфа на торфопредприятии «Саккала» с круглогодовой технологией добычи / Э.А. Кремчеев, Д.О. Нагорнов // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы 6-ой международной конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Т. 1. – Тула: ТулГУ, 2010. – С. 142–150.
6. Кремчеев, Э.А. Принципы построения транспортного модуля торфяного предприятия с карьерной технологией добычи / Э.А. Кремчеев, А.В. Михайлов, Д.О. Нагорнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 7. – С. 75–81.
7. Лукьянчиков, А.Н. Классификация торфяных машинно-тракторных агрегатов / А.Н. Лукьянчиков, В.Е. Харламов // Вопросы проектирования и эксплуатации наземного колесного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов, Вып. 3. – Тверь: ТГТУ, 2010. – С. 61.
8. Малков, Л.М. Анализ факторов производительности транспортного комплекса в схеме с отдельной уборкой / Л.М. Малков, Н.В. Кузнецов, А.И. Галкин // Труды ВНИИТП. Вып.58. – Л., 1987. – С. 16–23.
9. Малков, Л.М. Транспорт фрезерного торфа в технологической схеме добычи с отдельной уборкой. / Л.М. Малков, Н.В. Кузнецов, В.П. Шейде, А.И. Гагкин, И.Л. Калинин, В.М. Юрков // Торфяная промышленность. – 1987. – № 12. – С. 5–6.
10. Научное обеспечение использования местных торфяных топливно-энергетических ресурсов и органических отходов для производства окискованных твердых топлив: Отчет о НИР; № ГР 01201175903 / С.В. Ковшов, А.Н. Никулин, Э.А. Кремчеев и др. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб., 2013. – 87 с.



11. Расширение использования торфа в малой энергетике в рамках реализации ЭС 2030, как перспективного местного вида топлива для развития систем теплоснабжения изолированных потребителей на уровне муниципальных образований в торфообеспеченных регионах РФ: Отчет о НИР; № ГР 01201062471 / А.В. Михайлов, Э.А. Кремчев, Д.О. Нагорнов [и др.] // Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб., 2012. – 85 с.
12. Снижение сроков восстановления промышленных запасов региональных торфяных энергоресурсов применением новых технологий добычи: Отчет о НИР; № ГР 0120106247 / Д.О. Нагорнов, Э.А. Кремчев. СПГИ (ТУ). – СПб., 2011. – 50 с.
13. Технологическое обеспечение круглогодичного производства качественного торфяного топлива для региональных кластеров малой энергетики: Отчет о НИР; № ГР 01201062473 / Э.А. Кремчев, Д.О. Нагорнов [и др.] // Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб., 2012. – 84 с.
14. Яблонев, А.Л. Некоторые экономические аспекты, касающиеся проблемы транспорта торфа / А.Л. Яблонев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2011. – № 3. – С. 48–51.
15. Яблонев, А.Л. Обоснование и выбор параметров пневматического колесного хода агрегатов по добыче торфа: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06 / Яблонев Александр Львович. – Тверь: ТвГТУ, 2012. – 329 с.
16. Пат. 2016662133 РФ. Управление обезвоживанием торфа при экскаваторной добыче: прогноз и моделирование / Кремчев Э.А. [и др.] – 2016.

## **TRACTOR UNITS WITH ACTIVE TRAILING MODULES FOR TRANSPORT OF PEAT RAW MATERIALS**

**Grudin N.N., Kremchev E.A.**

*The article is devoted to research in the field of application of tractor units with active trailing modules in conditions of low bearing capacity of a peat deposit. The relevance of the research is to fully consider all aspects of the transport scheme of the peat enterprise with using pneumatic wheeled transport machine-tractor units as multipurpose transport units.*

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ  
ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЛЯМИНСКОЕ»  
(КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**Егорова Н.Ю., Егошина Т.Л.**

**Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и  
звероводства имени профессора. Б.М. Житкова, г. Киров, Россия,  
e-mail: n\_chirkova@mail.ru**

*В работе приведены результаты оценки состояния, растительного покрова выработанного торфяного месторождения «Ляминское», расположенного в Зуевском районе Кировской области. Обследованные выработанные площади характеризуются сравнительно выравненной поверхностью; мелиоративная сеть частично разрушена. Поверхность магистральных каналов зарастает водной растительностью. Откосы каналов частично разрушены. Бровки валовых и картовых каналов обильно зарастают древесно-кустарниковой растительностью. Растительность на торфяных карьерах представлена комплексом луговых и лесных фитоценозов. Луговые сообщества характеризуются выпадением из травостоя бобового компонента и увеличением доли разнотравья. На участках, где после торфодобычи кормопроизводство не было внедрено, сформировались древесные насаждения. Травяно-кустарниковый покров образуют виды как неморальной, так и таежной эколого-ценотической группы.*

Хозяйственная деятельность человека, дальнейшее развитие промышленности неизбежно приводит к трансформации земельных угодий, одним из видов которой является появление значительных площадей выработанных торфяных месторождений. Отрицательное влияние таких нарушенных ландшафтов, восстанавливающихся естественным путем на протяжении длительного периода и мало пригодных для дальнейшего использования в практической деятельности человека, на природный комплекс велико. Появление нарушенных ландшафтов приводит к нарушению растительного и почвенного покровов, водного и температурного баланса территории, к качественным и количественным изменениям состава почвы, сточных вод, водной и ветровой эрозии.

Кировская область относится к поясу интенсивного торфонакопления. В области насчитывается около 2 тыс. болот, общая площадь которых достигает 500 тыс. га. 10 болот имеют площадь свыше 5000 га каждое [1]. Болотные экосистемы имеют важное значение для сохранения биоразнообразия региона [2, 3], а также как местообитания важнейших ресурсообразующих видов растений [4-6].

Площадь выработанных торфяных месторождений в Кировской области превышает 370 тыс. га, из них лишь 34,7 % используются в качестве сельскохозяйственных земель, под лесопосадки [7] и другие хозяйственные цели. Выработанные и осушенные торфяники являются объектами повышенной пожарной опасности. В целях снижения данного фактора, выработанные торфяники региона могут быть использованы для промышленного культивирования видов рода *Vaccinium* L. [8-10].

*Объекты и методы исследования.* Объект исследования - выработанное торфяное месторождение «Ляминское» расположено в Зуевском районе Кировской области; общая площадь месторождения составляет в нулевых границах 402 га; торфомассив представлен залежью низинного типа.

Описания растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим подходам и методам [11-13]. При описании водной растительности использованы методы и методики, приведенные в ряде работ В.Д. Папченкова [14, 15]. Названия растений приведены по С.К. Черепанову [16].

*Результаты исследования и обсуждение.* Обследованные выработанные площади характеризуются сравнительно выравненной поверхностью. Расчлененность сетью валовых и картовых каналов на отдельные участки прямоугольной формы выражена слабо в связи с разрушенностью мелиоративной сети. Водные источники территории обследуемого объекта представлены сетью мелиоративных каналов. Магистральные каналы открытые, проточные, обводненные. Уровень водной поверхности – 20-90 см от уровня поверхности торфяной залежи. Валовые каналы открытые, слабопроточные, заиленные, частично без воды. Поверхность магистральных каналов зарастает водной растительностью (процент зарастания – 5 %). Откосы каналов частично разрушены. Бровки валовых и картовых каналов обильно зарастают древесно-кустарниковой растительностью: берёзой пушистой (*Betula pubescens*), кустарниковыми и древовидными формами рода Ива (*Salix*), ольхой серой (*Alnus incana*).

Ближайшими линейными водоемами, прилегающими к торфяному месторождению «Ляминское» являются р. Чепца и ее левобережные притоки и протоки. К границам торфяного месторождения примыкают старичные озера «Ковылье», «Старица» «Без названия».

По обследованному участку проходит сеть полевых дорог, по которым возможен проезд в любое время года, кроме зимы.

Растительность обследованной территории представлена комплексом луговых и лесных фитоценозов. Луговые фитоценозы сформировались и сохраняются на участках, где после торфодобычи было внедрено кормопроизводство, лесные фитоценозы – на участках, не используемых в сельскохозяйственных целях, оставленных под естественное зарастание.

Растительный покров выработанного торфяного месторождения образуют следующие сообщества:

**1. Луговые:** злаково-разнотравные, разнотравные сообщества формируются на хорошо осушенных участках, злаково-осоковые – по понижениям. Растительность представлена злаками, осоками и злаково-разнотравными группировками: пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris*), валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), подмаренник мягкий (*Galium*

*mollugo*), чина луговая (*Lanthyrus pratensis*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), бедренец камнеломковый (*Pimpinella saxifraga*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserine*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), вероника колосистая (*Veronica spicata*), лютик едкий (*Ranunculus acer*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), борщевик сибирский, вика заборная (*Vicia cracca*), подорожник большой (*Plantago major*), пастернак собачий (*Pastinaca sativa*), кокушник длиннорогий (*Gymnadenia conopsea*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), мятлик луговой (*Poa pratense*), хвощ полевой (*Equisetum pratense*), зверобой пятнистый (*Hypericum maculatum*), герань луговая (*Geranium pratense*) и др. Кокушник длиннорогий, нередко встречающийся в луговых фитоценозах исследованного объекта, является редким для области видом и включен в Красную книгу Кировской области (2014).

**2. Древесные** (пихтарник травяной, осинник снытевый) фитоценозы. Древостой формирует осина (*Populus tremula*), пихта сибирская (*Abies sibirica*), ель финская (*Picea fennica*). Возраст этих участков 60-70 лет. Средняя высота древостоя – 18-23 м. Подрост семенного происхождения из осины, березы пушистой, пихты сибирской; подлесок не выражен или средней густоты из шиповника иглистого (*Rosa acicularis*), жимолости лесной (*Lonicera xylosteum*), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), малины обыкновенной (*Rubus idaeus*), черной смородины (*Ribes nigrum*). В травяно-кустарничковом ярусе (общее проективное покрытие 10-17 %) встречаются сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), чина весенняя (*Lathyrus vernus*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), вероника лекарственная (*Veronica officinalis*), очиток пурпуровый (*Sedum purpureum*), подмаренник северный (*Galium boreale*), костяника каменистая (*Rubus saxatilis*), будра плющевидная (*Glechoma hederacea*). Мохово-лишайниковый покров не выражен.

**3. Водная и прибрежно-водная растительность.** Растительный покров мелиоративных каналов сформирован водной и прибрежно-водной растительностью. Водная растительность представлена классом формации настоящей водной (гидрофитная) растительности, включающей три группы формаций:

- группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов представлена формациями рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus*) (сообщества формации тяготеют к участкам акватории с глубиной 0,5-1,5 м), телореза обыкновенного (*Stratiotes aloides*) (не имеет широкого распространения).

- группа формаций укореняющихся гидрофитов с плавающими на поверхности воды листьями, представлена формациями рдеста плавающего (*Potamogeton natans*) Сообщества этой группы не многочисленны.

- группа формаций гидрофитов, свободно плавающих по поверхности воды представлена формациями ряски малой (*Lemna minor*), многокоренника обыкновенного (*Spirodela polyrrhiza*), водокраса обыкновенного (*Hydrocharis morsus-ranae*).

Прибрежно-водная растительность объединяет сообщества прикрепленных ко дну растений с возвышающимися над поверхностью листьями (гелофитов) и растений низких уровней береговых затоплений (гигрогелофитов).

Воздушно-водная (гелофитная) растительность представлена 2 группами формаций:

- группа формаций низкотравных гелофитов представлена сообществами формаций стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia*), частухи обыкновенной (*Alisma plantago-aquaticae*), хвоща речного (*Equisetum fluviatile*).

- группа формаций высокотравных гелофитов образована формацией манник плавающий (*Glyceria plicata*).

Гигрогелофитная растительность объединяет встречающиеся сообщества с доминированием видов, которые располагаются узкими полосами вдоль берегов каналов и занимают неглубокие понижения вблизи уреза воды, образована формациями сабельника болотного (*Comarum palustre*), осоки острой (*Carex acuta*), осоки сероватой (*Carex canescens*), вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), дербенника иволистного (*Lythrum salicaria*), подмаренника болотного (*Galium palustre*), рогоза широколистного (*Typha latifolia*).

*Заключение.* Общее состояние растительности выработанного торфомассива определяется в основном степенью обводнённости субстрата и давностью выхода отдельных участков из эксплуатации. Так, чеки, которые использовались до не давнего времени в качестве кормовых угодий, в настоящее время характеризуются выпадением из травостоя бобового компонента и увеличением доли разнотравья. На участках, где после торфодобычи кормопроизводство не было внедрено, сформировались древесные насаждения, травяно-кустарничковый покров которых образуют виды как неморальной, так и таежной эколого-ценотической группы.

### Список литературы

1. Уланов, А.Н. Использование торфяных ресурсов Кировской области / А.Н. Уланов // Рациональное использование торфяных месторождений. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию основания Кировской лугоболотной опытной станции: Сб. научных трудов. – Киров: Кировская лугоболотная опытная станция, 2008. – С. 42–48.

2. Егошина, Т.Л. О необходимости охраны и изучения болот в Кировской области / Т.Л. Егошина // Рациональное природопользование на рубеже веков. – Томск, 2000. – С. 47–48.
3. Красная книга Кировской области. – Киров, 2014. – 336 с.
4. Егошина, Т.Л. Запасы сырья и ресурсная характеристика некоторых лекарственных растений в северо-восточных районах Кировской области / Т.Л. Егошина // Раст. ресурсы. – 1989. – Т. 25. – Вып. 2. – С. 173–180.
5. Егошина, Т.Л. Ресурсы *Oxycoccus palustris* (Ericaceae) в Кировской области / Т.Л. Егошина, К.Г. Колупаева, А.А. Скрыбина, А.Е. Скопин // Раст. ресурсы. – 2005. – Т. 41. – Вып. 4. – С. 50–60.
6. Егорова, Н.Ю. Характеристика компонентов продуктивности клюквы болотной в болотных сообществах средней тайги / Н.Ю. Егорова, Т.Л. Егошина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т. 18. – № 2. – С. 360–363.
7. Леса Кировской области / Под ред. А.И. Видякина [и др.] – Киров, 2008. – 400 с.
8. Egoshina, T.L. *Vaccinium vitis-idaea* and *Oxycoccus palustris* in natural Populations and Culture in Taiga Zone of Russia / T.L. Egoshina, E.A. Luginina // Acta horticulturae et regiotelecturae. – 2007. – № 10. – P. 57–61.
9. Чиркова, Н.Ю. Оценка возможностей введения в культуру и перспективы культивирования хозяйственно ценных видов дикорастущих ягодников Кировской области / Н.Ю. Чиркова, В.Н. Сулейманова // Вестник ОГУ: Естественные науки. – 2010. – № 5 (111). – С. 115–119.
10. Албегова, А.В. Оценка пригодности выработанных участков торфяного месторождения «Прокопьевское» для создания плантаций ягодных растений / А.В. Албегова, Т.Л. Егошина, Н.П. Савиных, Е.М. Лисицын, и др. // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: мат. межд. науч.-практ. конф. – Киров, 2012. – С. 371–372.
11. Методика полевых геоботанических исследований. – М.-Л.: Наука, 1983. – 216 с.
12. Методы исследований болотных экосистем таежной зоны. – Л.: Наука, 1991. – 128 с.
13. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 240 с.
14. Папченков, В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В.Г. Папченков. – Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. – 200 с.
15. Папченков В.Г. Различные подходы к классификации растений водоемов и водотоков / В.Г. Папченков. // Материалы VI Всероссийской школы-конференции по водным макрофитам. Издательство: Рыбинский дом печати. – 2006. – С. 16–24.
16. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб., 1995. – 992 с.

**STATE AND PECULIARITIES OF VEGETATION ON CUTOVER PEAT LAND  
“LYAMINSKOYE” (KIROV REGION)  
Egorova N.Yu., Egoshina T.L.**

*The paper presents studies of state and vegetation cover of cutover peat land “Lyaminskoye” in Zuyevsky area of Kirov region. Studied cutover areas are comparatively flat; meliorative network is partly destroyed. Surface of main channels is overgrown with aquatic vegetation. Channel slopes are partly destroyed. Edges of secondary and field drains are overgrown with woody and shrub vegetation. Vegetation of peat quarries is formed by complexes of meadow and forrest phytocoenoses. Meadow associations are characterised by the lack of legumes and increased share of forbs. Forest stands were formed on areas where fodder production wasn't introduced after peat extraction. Herbaceous-shrub cover is composed of both nemorose and taiga ecological-coenotic groups.*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАССИВНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЛОЙНО-ПОВЕРХНОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

Емельянов И.В., Яблонев А.Л.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: alvovich@mail.ru

*В статье представлены результаты работы по совершенствованию серийно выпускающегося пассивного агрегата для послойно-поверхностного фрезерования торфяной залежи. Большая ширина захвата в сочетании с мобильностью при транспортировании фрезера с одного участка на другой, а также способность сохранять естественную волокнистую структуру торфа позволит более широко использовать фрезер на торфяных месторождениях с целью производства высококачественных удобрений и добавок в плодородный слой почвы.*

*Введение.* Основным способом добычи топливного и целого ряда других видов торфов является фрезерный. С его внедрением удалось обеспечить полную (100 %) механизацию основного производства, резкое снижение трудоемкости, капиталоемкости и себестоимости продукции. Он занял доминирующее положение в торфяной отрасли горной промышленности, существенно сократив способы добычи кускового торфа.

Однако сезонный характер работ данного способа оказывает огромное влияние на выполнение планов по добыче торфа. Кроме зависимости от погодных условий на бесперебойное ведение работ воздействует надежность техники. Это является первоочередной проблемой, для решения которой необходимо совершенствовать технологические процессы и оборудование для добычи торфа.

Операция фрезерования в фрезерном способе добычи торфа является наиболее ответственной, от качества её выполнения зависит в дальнейшем весь технологический цикл добычи. Изучение вопросов, связанных с механизацией добычи торфа фрезерным способом было начато Институтом торфа в 1928-1929 гг. В области изучения процесса активного фрезерования торфяной залежи необходимо отметить работы М.В. Мурашова, Г.Н. Скрыбина, А.Б. Горенштейна, А.В. Тимофеева, В.В. Ваганова, Л.Н. Самсонова, Ф.А. Опейко, В.Ф. Сеницына, Б.Ф. Зюзина, Н.В. Кузнецова, А.Н. Лукьянчикова и др. Основное влияние ими уделялось исследованию факторов, влияющих на энергоёмкость фрезерования: подачи на режущий элемент, толщине стружки, скорости резания, способу подвески рабочего органа и т.п. [1]. Одновременно проводились большие исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию активного фрезерующего оборудования, обеспечивающего расстил торфяной крошки максимально приближённой по условиям сушки к оптимальному, или так называемому «организованному расстилу». Такой расстил характеризуется равномерностью

глубины фрезерования и однородным фракционным составом крошки из укрупненных частиц торфа, расположенных на ровной подстилающей поверхности залежи [2].

Значительно упавшие (после 1988 года) объемы производства торфа в России со 175 до 2 млн. тонн в год диктуют потребность в торфяной продукции преимущественно сельскохозяйственного назначения для приготовления минеральных грунтов и удобрений. Для такой продукции важно сохранять естественную волокнистую структуру торфа с целью улучшения влаго- и воздухообменных свойств почвы.

Сложность конструкций активных фрезеров и невозможность сохранять при их применении волокнистую структуру торфа вследствие интенсивного разрушения волокон фрезами негативно сказывается на качестве приготавливаемых торфяных грунтов.

*Объекты и методы.* Для сохранения естественной волокнистой структуры торфа на предприятии ООО «Гринмаш» разработан и создан пассивный фрезер ФПТ-09, который при собственной массе 900 кг, ширине захвата 9,2 м и скорости поступательного перемещения вместе с колесным трактором 5,5-11,5 км/ч обеспечивает производительность 5-10 га/ч (рис. 1) [3].

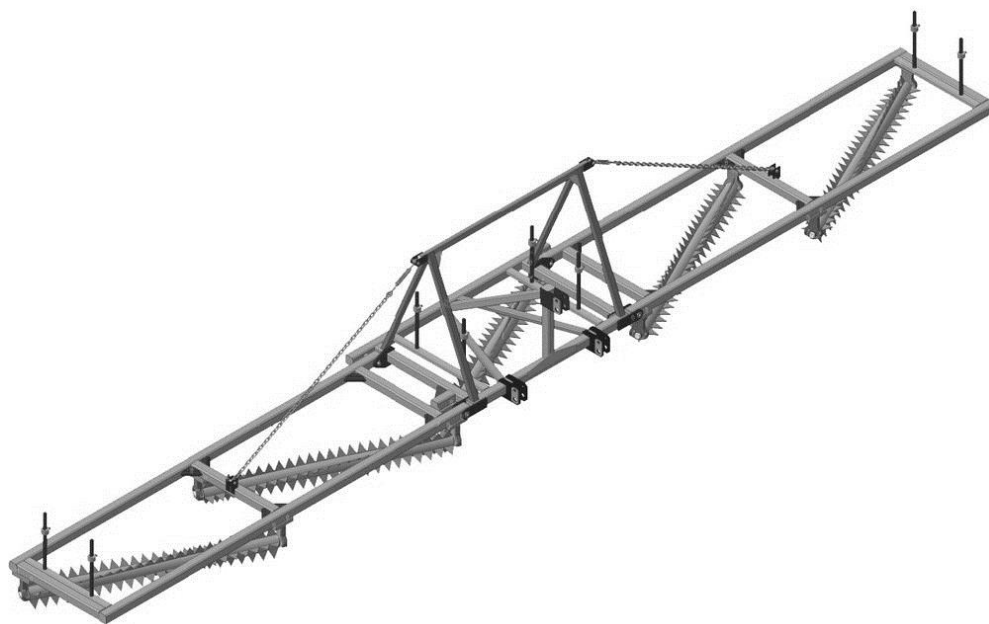


Рисунок 1. Фрезер пассивного типа ФПТ-09 конструкции ООО «Гринмаш».

Крупным недостатком данного агрегата является трудность в его транспортировании от участка к участку ввиду (опять-таки!) большой ширины захвата – 9,2 м. Этот недостаток преодолевается введением в конструкцию дополнительных элементов гидрооборудования, позволяющего складывать фрезер при транспортировании.



*Результаты исследования и обсуждение.* Разработанный усовершенствованный фрезер ФПТ-09А (рис. 2, 3) пассивного типа предназначен для рыхления верхнего слоя торфяных залежей с различным ботаническим составом и агрегируется с трактором МТЗ-1221.

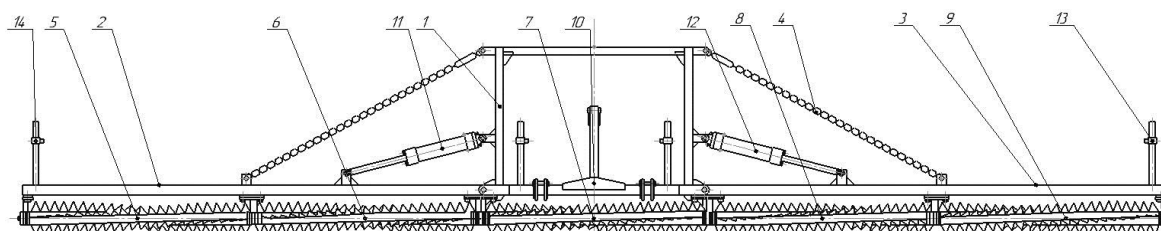


Рисунок 2. Усовершенствованный фрезер пассивного типа ФПТ-09А (вид сзади).

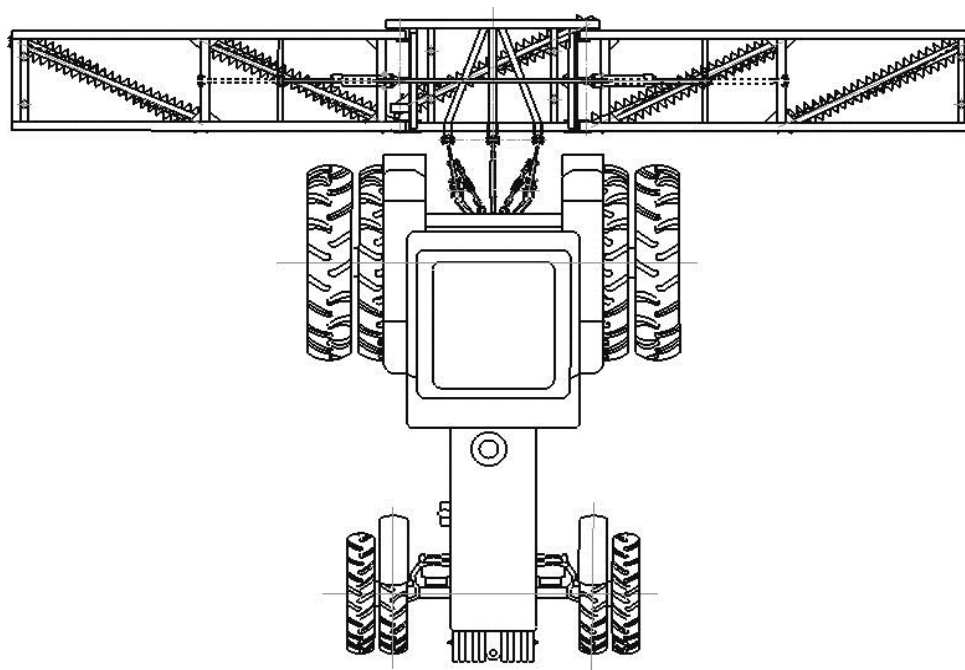


Рисунок 3. Усовершенствованный фрезер пассивного типа ФПТ-09А с трактором (вид сверху).

Фрезер состоит из следующих частей: средней секции 1, боковых секций 2 и 3, прикрепленных к средней с каждой стороны с помощью шарниров, ограничительных цепей 4. Рабочими органами фрезера для резания торфа являются фрезы-роторы 5, 6, 7, 8 и 9 с треугольными ножами, размещенными на поверхности ротора по спирали в 4 ряда, повернутыми друг относительно друга на  $90^\circ$ . Оси вращения фрез расположены под углом относительно направления движения, что обеспечивает не только перекатывание фрез, но и скалывание поверхностного слоя залежи. Валы левой и средней секции, если смотреть сверху в направлении движения, повернуты против часовой стрелки и образуют с поперечными балками рамы угол  $20^\circ$ , а ножи на них размещены по линии левой резьбы. Валы правой секции повернуты в противоположном направлении, а ножи на них размещены по линии правой

резьбы. При помощи навесного устройства 10 фрезер сцепляется с трактором. Гидроцилиндры 11 и 12 обеспечивают поднятие крайних секций относительно средней в транспортное положение, в результате чего, ширина транспортируемого агрегата не превышает габаритной ширины трактора. Стержни 13 и 14 служат для установки дополнительных грузов на крайних секциях, обеспечивающих изменение глубины рыхления (фрезерования).

Рыхление торфяной залежи представляет собой не резание в чистом виде, а подрезание с изломом, и сопровождается перемещением крошки частично в сторону, противоположную направлению движения, и частично в направлении, перпендикулярном поступательному движению. В целом, направление перемещения (отбрасывания) торфяной крошки близко к перпендикуляру относительно оси вращения фрезы в горизонтальной плоскости. В процессе разрушения верхнего слоя торфа, под действием веса фрезера и грузов, установленных на крайних секциях, фрезы начинают заглубляться в залежь. Двумя основными показателями такого процесса являются глубина рыхления торфа и его структура после обработки. И первый, и второй показатели прямолинейно зависят от скорости поступательного движения фрезера вместе с трактором: чем больше скорость – тем меньше глубина рыхления и размер фракции торфяной крошки.

Сложность процесса рыхления-фрезерования и отсутствие методик расчета энергоемкости подобных машин заставила на стадии проектирования применить сочетание теоретического метода определения удельной энергии и мощности, необходимой для фрезерования и экспериментального определения коэффициента сопротивления резанию торфа, который составил  $4 \text{ Н/см}^2$ . При движении фрезерного агрегата со скоростью  $15 \text{ км/ч}$  (около  $4,2 \text{ м/с}$ ) и фрезеровании залежи на установленную глубину  $20 \text{ мм}$ , расчетная производительность машины –  $0,7728 \text{ м}^3/\text{с}$ , а мощность, необходимая для фрезерования –  $30,91 \text{ кВт}$ .

Следует отметить, что в отличие от активных фрезеров, при поступательном движении данного агрегата часть энергии от фрезерования не возвращается обратно вследствие того, что активная фреза попутного фрезерования подобна буксующему колесу – подталкивает машину вперед, снижая энергозатраты на передвижение. Это обстоятельство было учтено в расчете.

*Заключение.* Усовершенствованный пассивный фрезер ФПТ-09А обеспечит не только сохранение естественной волокнистой структуры торфа, но и возможность сравнительно легкой его транспортировки от участка к участку со сложенными в транспортное положение секциями, при этом габаритная ширина фрезера в транспортном положении не превышает габаритной ширины трактора. Проведенные расчеты на устойчивость доказали, что фрезерный агрегат в транспортном положении устойчив как в продольной, так и в поперечной

плоскости. А составленный баланс мощности показал, что для нормальной эксплуатации фрезера необходим трактор с мощностью двигателя 50-70 кВт.

При внесении в почву торфа с волокнистой структурой, получаемого с помощью данного фрезера, происходит улучшение физико-химических свойств почв разных видов. Грунт начинает хорошо пропускать влагу и воздух. Корневая система растений также находится в комфортных условиях. Торфяные грунты и удобрения улучшают структуру почвы, уменьшают содержание нитратов, снижают действие пестицидов, подавляют вредоносные бактерии и грибки, повышает кислотность. Входящие в состав гуминовые и аминокислоты улучшают развитие растительных культур.

### Список литературы

1. Яблонев, А.Л. Теоретическое и экспериментальное обоснование параметров и режимов моделирования работы фрезеров послойно-поверхностного фрезерования торфяной залежи. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. / А.Л. Яблонев. – Тверь: ТвеПИ, 1993. –15 с.
2. Сысоев, Н.В. Обоснование параметров свободно опирающейся фрезы для добычи торфа поверхностно-послойным способом. Дис. ... канд. техн. наук. / Н.В. Сысоев. – Л.: ВНИИТП, 1983. – 203 с.
3. URL: <http://greenmash.ru/equipment-for-peat-extraction/freza-passivnaya-fpt-09/> (дата обращения 21.05.2018).

### IMPROVING PASSIVE UNIT FOR LAYER-SURFACE MILLING PEAT DEPOSIT

**Yemelyanov I.V., Yablonev A.L.**

*The article presents the results of the work on improvement of serially produced passive aggregation for layer-surface milling peat deposit. Large working widths combined with mobility during transportation from one bit of plot to another, as well as the ability to save a natural fibrous peat structure will allow greater use of miller on peat deposits, with a view to production of high-quality fertilizers and additives in the fertile soil layer.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ДЕТРИТОПРОФИЛЬ ПРИ МОРФОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПОДСТИЛОК В УСЛОВИЯХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ

**Земсков Ф.И., Маслов М.Н., Богатырев Л.Г.**

**Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, факультет  
почвоведения, г. Москва, Россия, e-mail: bogatyrev.l.g@yandex.ru**

*В развитие общей теории детритогенеза по М.А. Глазовской обсуждается новая номенклатурная единица — детритопрофиль, на основе которой предложено классифицировать подстилки независимо от степени гидроморфизма ландшафтов. Заявлен функциональный критерий, разделяющий торфянистые и торфяные детритопрофили. Независимо от мощности торфяной толщи предложены однотипные морфологические критерии для подразделения детритопрофилей, в основе которых лежит уровень гумификации торфа. Показана целесообразность использования понятия «детритопрофиль» при исследовании наземных экосистем, включая характеристику степени преобразованности торфов, установление характера связи с типами леса или особенностями мерзлоты.*

К настоящему времени общепризнано, что процессы преобразования наземного детрита относятся к числу важнейших явлений, отражающих современный уровень гидроморфизма в сочетании с типом наземной растительности. В почвоведении широкое использование находит процесс подстилкообразования, который, хорошо коррелирует с типом леса, его возрастом и особенностями увлажнения. Для описания этого процесса в научной литературе предложен целый ряд классификации лесных подстилок, включая предложения Кошелькова, Ремизова, Сапожникова, Чертова и ряда других. В их числе есть целый ряд разработок принадлежащих кафедре общего почвоведения факультета почвоведения МГУ. Следует признать, что в наименьшей степени классификация подстилок была проработана в первую очередь для подстилок, развивающихся в условиях значительного переувлажнения. В этом отношении для всех специалистов всегда возникали различного рода проблемы - от номенклатуры - до классификации. Между тем, это является фундаментальной основой для морфолого-генетического анализа, в том числе и для последующего исследования и сопоставления физико-химических свойств подстилок. В противном случае неправильная классификация объектов может служить серьёзной ошибкой для всего планируемого исследования. В этом отношении существовала проблема разделения торфянистых и торфяных подстилок. Совместными исследованиями было показано, что таким критерием может служить мощность подстилки, равная 25 см, так как именно на эту мощность приходится более 90 % дыхания. Все подстилки более 25 см были отнесены нами к торфяным. Вторая проблема заключалась в разработке новой номенклатурной единицы, которая бы объединяла в единый ряд подстилки независимо от их генезиса и принадлежности автоморфным или гидроморфным условиям. В развитие этого положения был предложен

термин детритофиль, под которым мы понимаем совокупность органогенных горизонтов, сформированных в результате последовательного преобразования наземного детрита и образующих единый генетический профиль *in situ*. Действительно, процесс преобразования наземного детрита, независимо от условий его преобразования, всегда идет при сочетании нескольких основных процессов: минерализации, гумификации и торфообразования. Не останавливаясь подробно на анализе всех процессов, в целом хорошо описанных в научной литературе, отметим, что в морфологическом отношении вертикальное строение детритофильей в любом случае представляет собой последовательный ряд преобразования растительного опада. Анализ более 500 детритофильей для Приохотья, южной части Якутии, Сахалина, севера Западной Сибири, Западного Таймыра позволил установить, что во всех случаях строение детритофильей укладывается в небольшое количество вариантов. Первый тип детритофильей независимо от мощности торфянистой или торфяной толщи характеризуется преимущественно системой слаборазложившихся растительных остатков, и представляющих собой систему горизонтов Оч. (очес) — Т1—Т2—Т2<sup>n</sup>, причем такое строение сохраняется вплоть до минеральной толщи. Аналогом таких детритофильей в обычных условиях являются детритофильей, относящиеся к ферментативным разностям, где присутствует схожая система горизонтов О1—О2—О2<sup>n</sup> и развивающихся в автоморфных ландшафтах. Второй тип детритофильей имеет в своем строении сильно разложившийся торф. Строение таких детритофильей представляет собой ряд Оч—Т1—Т1—Т3, относимых нами к типу торфянисто или торфяно-консервированных. Аналогом, вероятно, в обычной классификации подстилок являются так называемые гумифицированные подстилки со строением О1—О2—О3. Третий вариант торфянистых или торфяных детритофильей характеризуется таким строением, при котором в нижней части профиля формируется органоминеральный горизонт, который в обычной классификации подстилок именуется, как перегнойный. В этом случае основным диагностическим горизонтом независимо от мощности детритофильей является перегнойный горизонт Ат. Такие детритофильей обозначаются как перегнойные. Мы еще раз подчеркиваем, что все детритофильей, независимо от их принадлежности к торфянистым или торфяным группам и их мощности, всегда имеют однотипное вертикальное строение в зависимости от условий преобразованности наземного детрита. Это обусловлено в первую очередь общей направленностью преобразования наземного детрита и в принципе ограниченным числом разнообразия. В противном случае мы имели бы неограниченное количество детритофильей. Четвёртый вариант детритофильей имеет строение Оч—Т1—Т2—Т3—Ат. В этом случае мы называем такие детритофильей: торфянисто - (торфяно -) перегнойно-консервированными.

В условиях осушенных бывших торфяных болот и формировании обычного разнотравья развиваются деструктивные подстилки, представляющие собой опад прошлых лет, а при формировании лесных фитоценозов может развиваться обычный спектр детритопрофилей - от деструктивных до ферментативных и гумифицированных. При вторичном заболачивании ландшафтов картина может быть смещена в сторону развития торфянистых и торфяных разностей. Несомненно, одной из черт формирования торфянистых и торфяных детритопрофилей может быть полигенетичность, которая диагностируется по погребенным горизонтам растительных остатков, характеризующихся другим ботаническим составом. Наоборот, при затоплении территорий, например в районе Рыбинского водохранилища, в современной торфянистой толще под лесом обнаруживаются лишайниковые прослойки, которые являются отличным диагностическим критерием бывшего растительного покрова, обязанного сменой гидрологического режима. Кроме того, по мощности торфяной толщи можно судить, исходя из классического критерия прироста торфа, равного 0,9 мм/год, о времени затопления. В других районах изложенная выше группировка детритопрофилей оказалась весьма продуктивной и позволила, в частности, установить целый ряд закономерностей связанных с типом леса и характером мерзлоты. Таким образом, соответствующая классификация до уровня типов имеет следующий вид.

Таблица 1. Морфологическое строения и тип детритопрофиля

Морфологическое строение	Тип детритпрофиля
O1	Деструктивный
O1—O2	Ферментативный
O1—O2—O3	Гумифицированный
O1—O2—...At или O1—At	Переговойный
Oч—T1—T2	Торфянистый (до 25 см) и Торфяный (> 25 см)
Oч—T1—T2—T3	Торфянисто- или торфяно-консервированный
Oч—T1—T2—At	Торфянисто- или торфяно-переговойный
Oч—T1—T2—T3—At	Торфянисто- или торфяно-переговойно-консервированный

*Примечание: O1 — подгоризонт опада; O2<sup>n</sup> — ферментативный подгоризонт, n — число подгоризонтов (от 1 и более); O3<sup>n</sup> — горизонт гумификации; At — переговойный подгоризонт; T1 — слаборазложившийся торфянистый подгоризонт; T2 — среднеразложившийся торфянистый подгоризонт; T3 — сильноразложившийся торфянистый подгоризонт. Ниже органогенных горизонтов может быть любой из минеральных горизонтов, соответствующий генезису почвы.*

Установлено, что тип детритопрофилей хорошо соотносится с частотой встречаемости мерзлоты. Из приводимой ниже таблицы отчетливо видно, что по мере усиления степени минерализации и формирования упрощенных по строению детритопрофилей закономерно снижается частота встречаемости мерзлоты. Это означает, что строение детритопрофилей может служить ориентировочным диагностическим критерием для установления наличия мерзлоты. Для детального описания разнообразия детритопрофилей можно приводить комплекс встречающихся разностей.

Таблица 2. Типы детритопрофилей и частота встречаемости мерзлоты (%) в условиях ландшафтов Приохотья

Типы детритопрофилей	% встречаемости мерзлоты
Торфяно-консервированные	72
Торфянисто- или торфяно-перегнойные	71
Торфяная (>25см)	56
Торфяно-перегнойные	42
Торфянисто-консервированные	33
Торфянисто-перегнойно-консервированные	18
Торфянисто-перегнойные	17
Перегнойные	13
Торфянистые	13
Ферментативные	7
Гумифицированные	6
Деструктивные	3

Таким образом, разработанная группировка детритопрофилей может быть полезна при исследовании экосистем различной степени гидроморфности.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 17—76—10020.*

### Список литературы

1. Богатырев, Л.Г., Смагин, А.В., Акишина, М.М., Витязев, В.Г. Географические аспекты функционирования лесных подстилок // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. – № 1. – С. 30–36.
2. Богатырёв, Л.Г., Цветнова, О.Б., Цветнов, Е.В., Щеглов, А.И. Характеристика детритопрофилей в некоторых типах экосистем Южного Сахалина // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2016. – № 1. – С. 10–17.
3. Богатырев, Л.Г., Алябина, И.О., Маречек, М.С. [и др.] Подстилки и гумусообразование в пределах ландшафтов Камчатки // Лесоведение. – 2008. – № 3. – С. 28–38.
4. Богатырев, Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. – М.: Наука, 1990. – № 3. – С. 118–127.

### APPLYING CONCEPT OF DETRITE PROFILE IN MORPHOLOGICAL DESCRIPTION OF LITTERS IN CONDITIONS OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF DIFFERENT RATE OF WATER LOGGING Zemskov Ph.I., Maslov M.N., Bogatyrev L.G.

*In order to develop the common theory of M. A. Glazovskaya, we discuss a new nomenclature unit — detrite profile, which is proposed to form a basis for the classification of litters without reference to the landscape hydromorphism rate. A functional criterion to separate the detrite profiles by the turf layer thickness. Regardless of the turf layer thickness we propose monotypic morphological criteria, based on the turf humification level, for detrite profiles subdivision. We show the advisability of using the term “detrite profile” in investigations of terrestrial ecosystems, including the characteristic of turf transformation rate, determination of the relation to the forest types and the permafrost properties.*

## ДЕЙСТВИЕ ТОРФОГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ И ГУМАТА КАЛИЯ НА МИГРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Касатиков В.А., Анисимова Т.Ю.**

**Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», г. Владимир, Россия, e-mail: kasv47@yandex.ru**

*В статье представлены результаты мелкоделяночного опыта по изучению экологических изменений, протекающих в дерново-подзолистой супесчаной почве с повышенным содержанием тяжелых металлов под влиянием торфогуминового удобрения и гумата калия, экстрадированных из вермикомпоста, вносимых по фону последствия осадка городских сточных вод и доломитовой муки.*

*Введение.* Ранее проведенными исследованиями установлено стимулирующее действие гуминовых соединений на рост и развитие растений, повышение их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды. При систематическом использовании препаратов улучшается почвенная структура, буферные и ионообменные свойства почвы, активизируется деятельность почвенных микроорганизмов, минеральные элементы переводятся в доступную для растений форму [1]. При систематическом использовании гумусовых препаратов улучшается в частности почвенная структура, буферные и ионообменные свойства почвы, активизируется деятельность почвенных микроорганизмов, минеральные элементы переводятся в доступную для растений форму [2, 3].

Целью настоящего исследования являлось изучение биогеохимических изменений, протекающих в дерново-подзолистой супесчаной почве с повышенным содержанием тяжелых металлов под действием торфогуминового удобрения и гумата калия в составе вермикомпоста.

*Объекты и методы исследований.* Исследования проводились в мелкоделяночном опыте с длительным применением различных доз осадка городских сточных вод (330-1320 т/га в сумме за годы исследований) в сочетании с различными уровнями известкования (3-6 т/га) и микрополевым опыте, заложенном в сосудах без дна ( $d = 20$  см) на делянках мелкоделяночного опыта. Торфогуминовое удобрение (ТГУ), получается методом щелочной обработки 0,1 н КОН диспергированного торфа. Далее рН среды доводится до нейтральной добавлением 1н  $H_2SO_4$ . Агрохимическая характеристика ТГУ следующая: влажность – 78,9 %;  $N_{общ}$  – 1,54 %;  $P_2O_5$  – 0,37 %;  $K_2O$  – 2,91 % (на сухое в-во),  $C_{общ}$  – 33,8 %.

Дозы торфогуминового и гумата калия из вермикомпоста рассчитывались по содержанию общего углерода в вытяжке и вносились в жидком виде из расчета 3 и 6 г/м<sup>2</sup> органического углерода.



*Результаты и обсуждение.* Полученные в ходе исследований результаты свидетельствует о заметном влиянии гуматов на почву агроценоза. Данная зависимость подтверждает ранее полученные данные при рассмотрении действия вермигуматов на агроэкологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы (4). В наибольшей степени это проявляется при рассмотрении факторов влияющем на миграцию ТМ в агроценозе дерново-подзолистой почвы. Результаты исследований выявили положительную зависимость значений показателя суммарного загрязнения ( $Z_c$ ) подвижных форм ТМ по последствию ОСВ 300 т/га и дозы известкования, равной 6 т/га, за счет повышения подвижности Cd, Cr и Cu (табл. 1). По последствию максимальной дозы ОСВ возрастает концентрация подвижных форм ТМ и как следствие значения  $Z_c$  повышаются с 10,31 до 15,9 ед. Концентрация Cd превышала допустимый уровень в 0,5 мг/кг на большинстве вариантов опыта.

Таблица 1. Влияние суммарных доз ОСВ и гумата калия на концентрацию подвижных форм ТМ в дерново-подзолистой супесчаной почве, слой 0-20 см, мг/кг сух. в-ва

Вариант	Элементы						$Z_c$
	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn	
Контроль	0,21	0,32	0,51	0,32	0,57	1,86	-
Фон							
*ОСВ 320т/га+ дол. мука 6 т/га	1,12	0,69	1,63	0,56	0,86	2,57	10,31
ОСВ 1320т/га+ дол. мука 6 т/га	1,39	1,33	2,49	0,62	1,10	2,63	15,9
Фон + ВГ <sub>1</sub>							
ОСВ 320т/га+ дол. мука 6 т/га	1,16	0,77	1,75	0,68	0,96	2,63	11,87
ОСВ 1320т/га+ дол. мука 6 т/га	1,53	1,48	3,0	1,08	1,17	3,02	18,26

*Примечание:* \*В этой и следующих таблицах дозы ОСВ приведены к 50 % влажности.

Обработка почвы гуматом калия, экстрагированным из вермикомпоста, способствовала росту подвижности ТМ в слое почвы 0-20 см и как следствие повышению уровня  $Z_c$  при суммарной дозе ОСВ 320 т/га в 1,61 раза, а при дозе ОСВ 1320 т/га - в 1,24 раза в сравнении с фоновыми вариантами. Данная зависимость, очевидно, обусловлена как необменной фиксацией ТМ Са – гуматами, образующимся при обработке почвы гумусовыми соединениями, и, как следствие, снижением миграционной активности ТМ по почвенному профилю, так и повышением подвижности ТМ, входящих в состав их органоминеральных комплексов. Следствием этого явилось увеличение коэффициентов биологической доступности для Cd, Cu и Ni на вариантах с максимальной и минимальной дозами ОСВ. В результате повысилось содержание Cd, Cu и Ni в зерне и соломе овса. В соломе кроме выше

указанных элементов повысилось также содержание Cr, Pb и Zn, но их концентрация, как и в зерне была ниже допустимых уровней (табл. 2).

Таблица 2. Влияние суммарных доз ОСВ и гумата калия на содержание ТМ в зерне и соломе овса, мг/кг сух. в-ва

Вариант	Элементы						Z <sub>c</sub>
	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn	
1. Контроль	<u>0,06</u> 0,08	<u>0,7</u> 0,1	<u>9,5</u> 10,2	<u>1,0</u> 0,6	<u>0,8</u> 0,7	<u>7,0</u> 1,0	-
Фон							
3. ОСВ 320 т/га + изв. 6 т/га	<u>0,12</u> 0,18	<u>1,1</u> 0,3	<u>11,1</u> 10,7	<u>2,2</u> 1,4	<u>1,0</u> 1,2	<u>9,3</u> 1,6	<u>4,5</u> 6,3
5. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т/га	<u>0,21</u> 0,26	<u>1,1</u> 0,3	<u>12,9</u> 11,2	<u>2,4</u> 1,5	<u>1,11</u> 1,33	<u>10,6</u> 1,8	<u>6,8</u> 8,2
Фон + ВГ <sub>1</sub> к фону							
7. ОСВ 320 т/га + изв. 6 т/га	<u>0,16</u> 0,17	<u>1,3</u> 0,7	<u>11,2</u> 13,7	<u>2,4</u> 1,5	<u>1,0</u> 1,6	<u>9,6</u> 2,2	<u>1,7</u> 3,9
9. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т/га	<u>0,20</u> 0,22	<u>1,4</u> 0,6	<u>12,6</u> 12,9	<u>3,0</u> 1,7	<u>1,0</u> 1,5	<u>11,8</u> 2,3	<u>1,6</u> 2,7

Примечание: над чертой – содержание элемента в зерне, под чертой - содержание элемента в соломе, мг/кг.

С целью выявления различий в действии технологически различных гуматов на подвижность ТМ использовалось торфо-гуминовое удобрение с содержанием в гумате калия ТГУ С<sub>общ</sub> в количестве 33,8 %. В ходе исследований выявилась пропорциональная зависимость значений Z<sub>c</sub> подвижных форм ТМ по последствию ОСВ 300 т/га от доз известкования, равных 3 и 6 т/га, за счет повышения подвижности Cd, Cu и Pb (табл. 3). По последствию максимальной дозы ОСВ пропорционально возрастает концентрация подвижных форм ТМ и как следствие значения Z<sub>c</sub> повышаются с 3,98 – 7,50 ед. до 12,14 – 13,54 ед. С увеличением доз известкования наблюдалось увеличение Z<sub>c</sub> за счет повышения подвижности Zn. Концентрация Cd превышала допустимый уровень на большинстве вариантов опыта.

Обработка почвы ТГУ<sub>1</sub> способствовала незначительному повышению показателя Z<sub>c</sub> в сравнении с фоновыми вариантами при минимальной дозе известкования, что обусловлено необменной фиксацией тяжелых металлов (ТМ) Са – гуматами, образующимся при обработке почвы гумусовыми соединениями, и, как следствие, снижением миграционной активности ТМ по почвенному профилю (табл. 3). Дальнейшее увеличение дозы известкования не оказывает заметного влияния на коэффициенты концентрации ТМ и как следствие значения Z<sub>c</sub>. Применение двойной дозы ТГУ приводит к снижению подвижности ТМ исходя из величин Z<sub>c</sub>.

Данная зависимость, очевидно, обусловлена образованием соединений ТМ с гумусовыми кислотами в составе ТГУ. При этом сохранилась зависимость пропорционального увеличения Zc зеленой массы люпина от последействия ОСВ и известкования почвы (табл. 4). Наибольшая степень биологической доступности ТМ при минимальной дозе ОСВ выявлена для Cd, Cu, Ni и Cr, а для максимальной дозы ОСВ - Cd, Cu, Zn и Ni. Близкая зависимость получена на фоновых вариантах микрополевого опыта. На величины K<sub>c</sub> ТМ и как следствие уровень Zc активно влияет степень известкования почвы. С увеличением доз известкования возрастают уровни Zc фоновых вариантов за счет снижения миграционной активности ТМ по профилю дерново-подзолистой почвы.

Таблица 3. Влияние последействия ОСВ, известкования и действия ТГУ на содержание подвижных форм ТМ в почве пахотного слоя (0-20 см), мг/кг сухого вещества

Вариант	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Zc
Последействие ОСВ, известкования							
Контроль, без удобрений	0,9	0,3	1,7	1,7	1,6	0,5	-
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	1,2	0,4	4,8	2,0	1,7	0,6	4,0
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	2,5	1,4	5,6	2,2	1,9	1,9	12,1
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	1,6	0,7	4,4	2,3	1,8	0,7	5,2
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	2,5	1,2	8,0	2,6	1,9	2,0	13,5
5. ОСВ 330 т/га + изв. 9 т./га	2,2	0,8	5,1	2,0	1,8	1,0	7,5
6. ОСВ 1320 т/га + изв. 9 т./га	2,5	1,2	7,9	2,6	1,9	1,9	13,2
Действие ТГУ							
Контроль, без удобрений	0,9	0,4	1,7	0,7	1,7	0,5	-
Фон							
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	1,9	0,9	5,3	0,8	1,8	0,8	6,3
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	2,2	1,6	8,9	0,9	2,1	1,2	11,8
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	2,0	1,2	7,0	1,0	1,9	1,0	9,0
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	2,5	2,5	10,7	1,1	2,2	1,3	16,0
Фон+ТГУ <sub>1</sub>							
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	1,6	1,2	7,2	1,0	2,1	0,9	8,6
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	2,2	2,5	12,0	1,3	2,2	1,1	16,1
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	1,9	1,2	6,2	1,1	1,9	0,9	8,3
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	2,3	2,4	10,5	1,30	2,0	1,1	15,2
Фон+ТГУ <sub>2</sub>							
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	1,2	0,8	5,1	1,1	1,8	0,9	5,8
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	2,5	1,5	9,5	1,4	2,1	1,1	12,6
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	1,4	0,9	6,8	1,1	1,9	0,9	7,3
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	2,4	1,5	9,4	1,3	2,0	1,1	12,4

Под действием ТГУ меняется степень биологической доступности Cd, Cu, Zn и Ni. Выявленная зависимость сказывается на значениях Zc, снижающихся под действием ТГУ<sub>1</sub>. В частности при дозе ОСВ 330 т/га Zc уменьшился в 1,3-1,5 раза. В наибольшей степени данный показатель уменьшился при максимальной дозе известкования, что соответствует влиянию

ТГУ на подвижность ТМ (табл. 3). При увеличении дозы ТГУ в 2 раза выявленные закономерности сохраняются. При этом степень снижения величин Zc достигает 26-77 % при минимальной дозе ОСВ и 55-72 % при максимальной дозе ОСВ, достигая наибольшего уменьшения при дозе известкования 6 т/га (табл. 4). Данная зависимость обусловлена в первую очередь снижением миграционной активности Cd, Zn и Pb в системе почва-растение.

Таблица 4. Влияние последействия ОСВ, известкования и действия ТГУ на содержание ТМ в зеленой массе люпина, мг/кг сухого вещества

Вариант	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Zc
Последействие ОСВ, известкования							
Контроль, без удобрений	0,16	3,3	26,4	16,7	11,7	1,1	-
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	0,20	3,9	28,5	18,6	12,2	1,2	1,7
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	0,30	5,2	36,1	20,1	14,3	1,3	3,4
5. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	0,25	4,3	27,1	17,8	13,6	1,2	2,2
6. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	0,38	4,7	36,7	20,0	15,3	1,4	4,0
Действие ТГУ							
Контроль, без удобрений	0,16	3,3	26,4	16,7	11,7	1,1	-
Фон							
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	0,27	3,9	28,2	18,6	14,8	1,2	2,4
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	0,40	5,4	35,4	21,0	15,8	1,3	4,3
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	0,35	4,0	30,0	20,1	16,4	1,3	3,2
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	0,45	4,8	36,7	22,0	17,0	1,6	4,9
Фон+ТГУ <sub>1</sub>							
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	0,11	3,2	24,1	20,3	16,2	1,3	1,7
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	0,17	4,9	35,8	24,0	17,6	1,8	3,5
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	0,12	3,1	28,2	22,7	16,4	1,5	2,2
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	0,19	3,8	33,5	24,1	17,3	1,9	3,3
Фон+ТГУ <sub>2</sub>							
1. ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	0,10	4,0	23,1	20,0	17,3	1,0	1,9
2. ОСВ 1320 т/га + изв. 3 т/га	0,14	4,3	30,1	22,3	17,9	1,6	2,7
3. ОСВ 330 т/га + изв. 6 т./га	0,12	3,5	22,5	21,4	17,3	1,0	1,8
4. ОСВ 1320 т/га + изв. 6 т./га	0,17	4,2	31,3	25,1	18,2	1,4	2,8

*Заключение.* Проведенные исследования выявили положительное влияние гуматов калия, экстрагированного из вермикомпоста, а также входящего в состав ТГУ, на

биогеохимические показатели агроценоза. Если обработка почвы гуматом калия, экстрагированного из вермикомпоста, способствовала повышению величины  $Z_c$  подвижных форм ТМ в сравнении с фоновым вариантом, то применение двойной дозы ТГУ приводит к снижению подвижности ТМ исходя из величин  $Z_c$ . Данная зависимость, очевидно, обусловлена образованием соединений ТМ с гумусовыми кислотами в составе ТГУ. Под действием ТГУ также меняется степень биологической доступности Cd, Cu, Zn и Ni.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке технологических проектов рекультивации почв загрязненных неорганическими и органическими отходами, а также в мероприятиях по биологической рекультивации свалок бытовых и промышленных отходов.

### Список литературы

1. Касатиков, В.А. Влияние вермигумусовых соединений на некоторые агроэкологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы / В.А. Касатиков, Н.П. Шабардина, О.Д. Шафронов // Плодородие. – 2009. – № 6. – С. 32–33.
2. Гуминовые вещества в биосфере // Труды II Международной конференции. Москва, 3-6 февраля, 2003 г. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2004. – С. 29–32.
3. Христева, Л.А. О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений / Л.А. Христева // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. – Киев: Урожай, 1968. – С. 13–27.
4. Касатиков, В.А. Влияние систематического внесения гумусовых соединений на агроэкологические свойства почвы и растений / В.А. Касатиков, В.А. Черников // Доклады ТСХА. – 2011. – Вып. 283. – С. 45–46.

### THE EFFECT OF PEAT HUMIC FERTILIZER AND POTASSIUM HUMATE ON THE MIGRATORY PROPERTIES OF HEAVY METALS

**Kasatikov V.A., Anisimova T.Yu.**

*The article presents the results of a small experience in the study of environmental change occurring in the sod-podzolic sandy loam soil with a high content of heavy metals under the influence of peat-humic fertilizer potassium HUMATE and extradited from the vermicompost made in the background and the residual effect of sludge of municipal wastewater and dolomite.*

## ЭЛЕКТРОННЫЙ КАДАСТР ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Колегова К. Е.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: [k\\_xeniya\\_e@mail.ru](mailto:k_xeniya_e@mail.ru)

*В статье приведено описание создаваемой электронной базы данных торфяных месторождений Тверской области, занимающей первое место по их количеству в Центральном федеральном округе. На первом этапе в базу занесены месторождения, разведанные до начала 1973 г. Поиск информации по торфяному месторождению может осуществляться по различным признакам.*

*Введение.* На территории Тверской области выявлено, разведано и учтено 3081 торфяное месторождение общей площадью в нулевых границах залежи ( $F_0$ ) 808,2 тыс. га, а в промышленных границах залежи – 514,4 тыс. га [1]. Таким образом, общая площадь торфяных месторождений области в 3 раза больше площади Люксембурга или в 17 раз больше площади Андорры.

Для рационального и ресурсосберегающего использования торфяных ресурсов Тверской области необходимо создание электронной базы данных, в которой будет храниться вся необходимая информация о них. На кафедре «Природообустройство и экология» ТвГТУ в 2016 г. была начата работа по составлению электронной базы данных торфяных месторождений Тверской области. На первом этапе в базу занесены месторождения, разведанные до начала 1973 г. Торфяные месторождения заносились в кадастр из Справочника торфяных месторождений Калининской области, изданного в 1974 г. В данный справочник было включено 2038 месторождений, которые были разведаны по состоянию на 1 января 1973 г., и их суммарная площадь составила 286673 га, т.е. только 35 % от общей площади месторождений области.

База данных - организованная в соответствии с определёнными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, составленная с помощью программы Microsoft Excel и содержащая таблицу с необходимой информацией и гиперссылками, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей.

Все торфяные месторождения в базу первоначально вносились по всем 36 административным районам Тверской области. В отдельные группы позднее были выделены месторождения, являющиеся особо охраняемыми природными территориями (ООПТ), выработанные, мелкозалежные, с площадью в границе промышленной глубины торфяной залежи менее 10 га и т.д.

В качестве примера приведены месторождения Калининского района (рис. 1).

Номер по справочнику и карте	Название	Географические координаты	Показ космоснимка	
			обзорный	детальный
1185	<u>Мухинское</u>	-	-	-
1186	<u>Святинский Толокновский Мох</u>	57°5'С 35°51'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1188	<u>Кулицкий Мох</u>	57°0'С 35°39'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1189	<u>Палагинское</u>	56°58'С 35°44'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1190	<u>Княжинское</u>	57°1'С 35°49'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1192	<u>Васильевский Мох</u>	56°59'С 35°39'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1193	<u>Оршинский Мох</u>	56°54'С 36°20'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1194	<u>Лядки</u>	56°58'С 35°24'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1215	<u>Карпово</u>	56°54'С 35°24'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1217	<u>Кошкино</u>	56°55'С 35°29'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1219	<u>Поддубское</u>	56°54'С 35°34'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1220	<u>Мермеринское</u>	56°54'С 35°36'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1221	<u>Савино - Отмичевское</u>	56°54'С 35°37'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>
1232	<u>Тверецкое</u>	56°53'С 35°59'В	<u>Да</u>	<u>Да</u>

Рисунок 1. Торфяные месторождения Калининского района Тверской области.

Используя таблицу, нажав на любое из перечисленных наименований торфяного месторождения можно узнать топографическое положение болота, его площадь, запас торфа, растительный покров, вид и год разведки (рис. 2).

Вся дополнительная информация находится в столбце «Подробная информация» с гиперссылкой на изображение под словом «фото».

Для визуального представления местоположения месторождений с площадью в границе промышленной глубины торфяной залежи более 10 га в Тверской области в базу данных внесены скриншоты обзорных и детальных снимков, сделанных с космических спутников. На обзорном снимке выделяется конкретное месторождение и соответствующий районный центр области. Это выполнялось следующим образом. При помощи программы Google Earth Pro находим город или деревню, указанную в информационной таблице, откладываем необходимое расстояние до болота, ставим отметку и выделяем границы. Далее это изображение переносим в базу данных и, пользователь, используя гиперссылку под словом «Да», может открыть данное изображение (рис. 3). Знак « - » в таблице означает, что площадь промышленной залежи месторождения менее 10 га и для него пока не имеется возможности четко идентифицировать его на спутниковых снимках (особенно болот с низинным типом залежи).

№ по спр-ку и карте	Наименование торфяного месторождения. Землепользователь. Направление и расстояние от населенных пунктов до месторождения.	Стадия и год разведки.		Общая площадь, га	Площадь промышленной залежи, га.	Мощность торфяного пласта, м Максимальная/средняя	Запас торфа, тыс.куб.м. Запас торфа, тыс.т 40%-й влажности	Тип и качественная характеристика торфяной залежи
		Наименование организации, производившей разведку.	Категория запасов.					
1186	СВЯТИНСКИЙ ТОЛОКНОВСКИЙ МОХ ГЛФ От г. Тверь на С в 19 км "ж.-д.ст.Кулицкая на СВ в 12 км "с.Лямово на В в 2,5 км "с.Толокново на Ю в 0,5 км при с.Броды на ЮЗ	Доп. - 1964 МГРП А	2862	2273	7,60 2,96	67315 11522	верх и низ	
КАЛИНИНСКИЙ РАЙОН								
	Топографическое положение торфяного месторождения. Водоприток. Использование торфяного месторождения. Прочие сведения.	Подробная информация		Оставшаяся площадь промзалежи после разработки, га		Оставшийся запас, тыс.куб.м. Оставшийся запас, тыс.т.		Дата уточнения площади и запасов
верх и низ	На левобережном склоне к р.Кава. Водопр. - р.Орлесня, вытекл.из ЮЗ части т.м и ручьи: Моржавка, вытекл.из СЗ части и Ивано - Горский - из зап.части т.м. Разрабатывается с 1970 г. т/предпр. Васильевский Мох. Запас - 11522 тыс.т принят по пересчету Калин.торфуреста.	ФОТО		1972	64665	11046	01.01.1973	

Рисунок 2. Информационная таблица торфяного месторождения Святинский Толокновский Мох .



Обзорный снимок позволяет увидеть расположение данного месторождения относительно районного центра (в данном случае от областного центра Твери), транспортные магистрали и др.



Рисунок 3. Обзорный снимок со спутника месторождения Святинский Толокновский Мох Калининского района Тверской области.

На детальном снимке (рис. 4) показаны ближайшие к месторождению деревни (если они сохранились), контуры месторождения в виде многоугольника и подсчитанная площадь при помощи программы Google Earth Pro.

Большинство используемых данных, с которыми работают информационные системы, имеют пространственную привязку – географические координаты, т.е. относятся к какому-либо географическому объекту. Запросы на такие данные удобнее всего формулировать, указывая интересующий район на карте (страну, город и т.п.) или фильтровать результаты поиска в зависимости от географического района. ГИС обеспечивает сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение геопространственных данных.

Для оценки местоположения торфяных месторождения в справочнике указывались расстояния от районного центра, ближайших сел и деревень, а также направления по румбам.

При поиске месторождений у нас возникали следующие трудности: в некоторых районах области уже не существуют деревни, которые использовались для привязки болот, иногда обнаруживались ошибки (или опечатки) в наименовании румбов.



Рисунок 4. Детальный снимок месторождения Святинский Толокновский Мох Калининского района Тверской области.

Обозначение площади в левом верхнем углу позволяет сравнить числа со справочными данными и убедиться в правдивости и точности результата.

Также Справочник торфяных месторождений Калининской области, не содержит районы, которые были образованы в последнюю неделю 1973 г. Это Пеновский и Жарковский районы. Занесение болот в эти районы производилось следующим образом. На Яндекс-картах выделялся Пеновский район, который до 1973 г. входил в состав Осташковского района Калининской области. В справочнике торфяных месторождений находим болота, которые расположены от Осташкова в западном и юго-западном направлениях, превышающих расстояния от Осташкова до границ Осташковского района (примерно 15 км на юго-запад и 25 км на запад). Например, подходит болото под № 1572 Горовастаца, расположенное от Осташкова на запад в 50 км и от д. Верхмарево на юг в 0,5 км. Отступив по карте 50 км на запад от Осташкова, находим д. Верхмарево и убеждаемся, что в настоящее время это

территория Пеновского района. Аналогично заносим Орловское болото под № 1574 и Вошивец под № 1573 в болота Пеновского района.

В 1960 г. Жарковский район был упразднён, а его сельсоветы переданы трём районам области. В декабре 1973 г. район восстановлен в составе девяти сельсоветов и Жарковского поселкового совета. Поэтому в данном случае пришлось болота, находящиеся на территории Жарковского района, искать в разделах справочника, посвященных торфяным месторождениям Нелидовского, Бельского и Западнодвинского районов.

### **Список литературы**

Миронов, В.А. Торфяные ресурсы Тверской области (рациональное использование и охрана) [Текст]: монография / В.А. Миронов, Ю.Н. Женихов, В.И. Суворов, В.В. Панов. – Тверь: ТГТУ, 2006. – 72 с.

### **E-CADASTRE OF PEAT DEPOSITS IN TVER REGION**

**Kolegova K.**

*The article describes the created electronic database of peat deposits of the Tver region, which occupies the first place in terms of their number in the Central Federal district. In the first phase in the database included fields, discovered before the start of the 1973 Search of information on peat deposits can be carried out according to various criteria.*

## КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТОРФЯНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Купорова А.В.<sup>1</sup>, Гамаюнов С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: borale@inbox.ru

<sup>2</sup> ООО «Научно-производственное объединение «Нисаба», г. Тверь, Россия,  
e-mail: sng61@mail.ru

*Обоснованы отличительные признаки способов добычи торфа-сырца и производства торфяной продукции в полевых условиях. Рассмотрены основные технологические схемы и оборудование производства торфа, которые наиболее широко применяют в России.*

*Введение.* В настоящее время назрела необходимость в обосновании отличительных признаков и выполнении систематизации способов производства торфяной продукции из торфа-сырца, добываемого из залежи различными методами и вида [1]. При разработке той или иной классификации обычно решается основной вопрос о том, что заложить в ее основу [2]. А это может решаться по-разному в зависимости от того, для кого она создается и на решение какой задачи направлена.

Наиболее целостная классификацию способов добычи торфа дана в работе [3]. Авторы проанализировали типы способов; группу, вид способа; характер первичного нарушения залежи; средства механизированной добычи; средства полевой переработки; транспортировку; сушильный процесс; цеховую переработку; получаемую продукцию. Учитывая особенности механизации и состав технологий способы добычи торфа подразделяют на четыре группы, включающих различные виды способа:

1. Резной: ручной послойный и карьерный; машинорезной; элеваторный.
2. Машиноформовочный: элеваторный формованный; экскаваторный многоковшовый (багерный); экскаваторный одноковшовый; скреперно-элеваторный.
3. Гидравлический: гидроскреперный; гидроэлеваторный; гидравлический.
4. Фрезерный: селективный; фрезформовочный; фрезерный (механический, пневматический, раздельный); бульдозерный.

Такое многообразие «способов» и трудности в их систематизации связано с тем, что совмещаются понятия «способ добычи торфа» и «способы производства торфяной продукции», а в некоторых случаях и «технологическая схема добычи торфа».

В толковом словаре Ушакова дается определению добычи, как извлечение богатств из недр Земли. Схожее определение дается и в «Горной энциклопедии»: «Добыча полезных ископаемых – процессы извлечения твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых из недр Земли с помощью технических средств» [4].

Напомним, что процесс добычи полезных ископаемых заключается в разработке месторождений полезных ископаемых. При разработке месторождений производится выемка полезного ископаемого и транспортировке его к местам дальнейшей переработки или полезного использования. Исходя из чего, под способом добычи торфа будем понимать методы перевода торфа, находящегося в залежи, в подвижное состояние выемочно-погрузочным оборудованием.

Именно поэтому многие из упомянутых выше «способов добычи торфа» и названы по основному устройству, нарушающему целостность залежи и осуществляющих выемочно-погрузочные действия: специальной лопатой-резаком – резной; струей воды высокого давления – гидравлический; экскаватором – экскаваторный; многоковшовым экскаватором (багером) – багерный способ и т.д. По аналогии, когда структура поверхности залежи измельчалась с помощью плуга – плуговой, а фрезерного барабана – фрезерный способ добычи торфа.

Таким образом, многие из перечисленных выше способы добычи не являются таковыми, а их нужно рассматривать, как способы производства торфяной продукции, то есть как совокупность производственных процессов, имеющих целью получения торфяной продукции.

*Основная часть.* Толкование слова «производство» дается в словаре русского языка С.И. Ожегова: «изготовление, выработка, создание какой-нибудь продукции, работа по непосредственному изготовлению продукции». В научно-технической терминологии, посвященной горному делу горной промышленности нет термина «производство продукции». Поскольку производственные процессы в торфяной промышленности осуществляются при изменяющихся свойствах продукции (во время операций сушки торфа значительно изменяется его влажность и структура, в то время как в горной промышленности большинство полезных ископаемых после извлечения из недр сразу же готовы к использованию), термин «производство торфяной продукции» следует предпочесть термину «добыча торфа» [5].

В основу «фрезерного способа добычи торфа» положено изобретение от 1923 г. инженер И.А. Рогов «Способ получения торфяного топлива в виде порошка и крошки с поверхности болот». Фрезерный торф не добывают, а его производят из добытого торфа-сырца. Поэтому нужно рассматривать не «фрезерный способ добычи торфа», а «фрезерный способ производства торфяной продукции», ибо конечным результатом технологического процесса является продукция – топливный крошкообразный высушенный торф (а при другой условной влаге – торф для приготовления компостов и др.).

Всем технологическим процессам торфяного производства свойственно одно – вначале извлекается из залежи торфяное сырье в том или ином виде, а уже потом из него различными

приемами получают продукцию в полевых условиях или поставляют для дальнейшей переработки.

Обобщая опыт технологии добычи полезных ископаемых открытым способом и торфяного производства можно заключить, что торф из залежи добывают разнообразным выемочно-погрузочное оборудованием, используя способы перевода торфа в подвижное состояние, основанные на: 1) экскавации; 2) гидромеханизации; 3) механическом рыхлении.

Экскавация – технологический процесс отделения горной массы (горных пород или полезных ископаемых от массива или навала, осуществляемый путем внедрения в него исполнительного (рабочего) органа машины, который при этом наполняется экскавируемой породой; осуществляется экскаваторами, бульдозерами, скреперами, погрузчиками и пр. [4].

Под гидродобычей полезного ископаемого понимается такая технологическая схема, при которой разрушение породного массива и транспортировка горной массы производится с помощью энергии потока воды. Вариантами гидродобычи являются скважинная гидродобыча, гидромониторная разработка на открытых горных работах, земснарядная разработка и др. В частности, гидромониторная разработка – ведение горных работ посредством разрушения породного массива струей воды гидромонитора [4], которую в технологии торфяного производства называют гидравлическим способом (гидроторф).

Механическое рыхление представляет собой процесс послойного отделения от массива и одновременного разрушения горных пород, осуществляемое специальным оборудованием – рыхлителем [4].

Используя эти способы перевода торфа, находящегося в залежи, в подвижное состояние получают торфяное сырье четырех видов: 1) кусков близко к правильной формы; 2) в виде комков различного размера; 3) гидромассы; 4) крошки.

Поэтому в качестве классифицирующего признака способов производства торфяной продукции в полевых условиях предлагается принять вид добываемого торфа-сырца, получаемого при деструкции залежи различными способами добычи.

Основные способы производства торфяной продукции в соответствии от четырех видов торфа-сырца, получаемых различными способами добычи, предлагается подразделять на: 1) ручной резной, машино-резной; 2) экскаваторный, багерный, бульдозерный; 3) гидравлический, земснарядный, СГДТ [6]; 4) фрезерный, с пассивным рыхлением, фрезформовочный.

Исходя из рассмотренных представлений, в работе проведена классификация не по типам используемой техники на основной операции технологического процесса, а по виду торфа-сырца, извлекаемого из залежи различными способами добычи.

Как отмечалось, фрезерный способ производства получил свое название от начальной операции фрезерования – процесса обработки торфяной залежи фрезами. При этом добыча торфа-сырца осуществляется активным рыхлением залежи.

Способы производства фрезерного торфа в зависимости от используемых машин по перемещению торфа с поверхности залежи (уборке) подразделяют на бункерный, перевалочный, пневматический. К этой группе технологических схем производства торфяного крошкообразного топлива относится также «технология добычи торфа с отдельной уборкой из наращиваемых валков» и многие другие их разновидности [7].

Когда разрыхляют поверхность торфяной залежи пассивными рабочими органами: дисковыми луцильниками, культиваторами, плугами и пр., то получаемы при этом торф нельзя называть «фрезерным». Такая добыча торфяного сырья используется во многих технологических схемах производства торфа для сельскохозяйственного использования, например, «скрепер-бульдозерный способ добычи торфа», который назван и в этом случае по наименованию машины, занятой уборкой готовой продукции.

Предлагается все многообразие технологических схем, использующих для разрыхления сельскохозяйственное и ему аналогичное оборудование называть способами производства крошкообразного торфа с пассивным рыхлением торфяной залежи.

Сырьем для большинства выпускаемой в настоящее время и перспективной торфяной продукции является обезвоженный крошкообразный (в том числе фрезерный) торф, добываемый послойно-поверхностным способом. Этот способ дает возможность максимально использовать энергию Солнца для сушки торфа и активно регулировать процесса его обезвоживания до заданных показателей качества. Разработано несколько технологических схем добычи торфа поверхностно-послойным способом [7].

Если оценивать возможность получения одним и тем же комплексом механизации торфа с различной условной влажностью в зависимости от требований потребителя является промышленный фрезерный способ добычи [8].

В литературе по технологии торфяного производства изложено, что технологический процесс добычи торфа фрезерным способом состоит из цикла последовательных операций: фрезерования, ворошения, валкования, уборки и штабелевания, выполняемых системой самоходных и прицепных к тракторам машин. Однако при этом забывается, что потребитель готов платить деньги не за торф, находящийся на подштабельных полосах полей добычи производителя, а за продукцию у себя на месте потребления. Почему-то традиционно вопросу удобства отгрузки потребителю уделяется мало внимания как уже на существующих предприятиях, так и при открытии новых. Покупают высокопроизводительную импортную технику, например, пневматическую, работают по традиционным схемам со складами на краю

карт, а потом начинаются проблемы с доставкой этого торфа к месту отгрузки. Приходится привлекать дополнительные технологические единицы: фронтальные погрузчики (или экскаваторы) и тракторные прицепы, которые доставляют торф на специальные площадки для перегрузки в автотранспорт. При этом на этой площадке опять создаются складочные единицы, где торф накапливается перед отгрузкой потребителю. Естественно все это приводит к значительному удорожанию продукции. Не спасает даже наличие узкоколейной железной дороги, содержание и прокладка которой не окупается объемами перевозимого добытого торфа. Установлено, что в некоторых случаях до 80 % себестоимости уходит на эту побочную «технологическую» операцию. Поэтому никоим образом нельзя исключать из технологического процесса производства торфа его отгрузку и доставку к потребителю. Только когда учитывается стоимость торфа не в полевом франко-штабеле производителя, а на складе потребителя, тогда можно сравнивать преимущества той или иной схемы добычи торфа. Так и происходит на практике, когда производитель и потребитель – одно лицо, то есть когда фирма добывает торф для собственных нужд (для дальнейшей переработки, сжигания на объектах малой энергетики и т. д.).

Тогда, в соответствии со сложившейся действительностью технологические схемы добычи торфа нужно рассматривать, как состоящие из следующих операций, выполняемых отдельными видами самоходного или агрегируемых с тракторами оборудования:

- I. Нарушение целостности слоя залежи (фрезерование, рыхление).
- II. Интенсификация обезвоживания.
- III. Валкование.
- IV. Погрузка в транспортное средство.
- V. Транспортировка к месту складирования.
- VI. Создание складочных единиц (штабелирование).
- VII. Погрузка в транспортные средства для перемещения торфа к месту перегрузки.
- VIII. Транспортирование торфа на площадку перегрузки.
- IX. Создание складочной единицы на площадке перегрузки.
- X. Погрузка в транспортные средства специального или общего пользования.
- XI. Доставка к месту потребления.

В некоторых технологических схемах отдельные операции из этого перечня могут отсутствовать вследствие специфики процесса производства, а также совмещаются, выполняясь одновременно многофункциональными комбайнами, либо несколько из них осуществляются одной и той же машиной. Но, тем не менее, все существующие технологические схемы промышленной добычи фрезерного торфа требуют для своей



реализации не только немалого парка единиц узкоспециализированной техники (этот вопрос в статье не рассматривается), но и в целом большого количества наименований разнотипного задействованного оборудования.

Самым известным способом добычи крошкообразного торфа (с  $w_y = 40$  и  $55\%$ ) является технологическая схема с комплексом бункерных машин типа МТФ-43А. До сих пор на многих мелких предприятиях используют эту технику, выпущенную в конце прошлого тысячелетия, эксплуатируемую в прицепе к тракторам ДТ-75Б. В последние годы на рынке появились ее модификации: МТФ-43А-К, АТУ-20 и т. п., которые агрегируются с колесными тракторами. Хотя они и стали более мобильными, но кардинальных изменений в технологическую схему не внесли. Вне зависимости от того, сколько в комплексе на одном участке торфодобычи работает уборочных машин – одна или шесть, все равно в комплекс средств механизации нужно включать отдельные высокопроизводительные машины и агрегаты по фрезерованию, ворошению, валкованию, окарованиванию, которые при малых объемах производства большую часть сезона будут простаивать. Помимо этого, нужны средства погрузки (экскаватор, фронтальный погрузчик и т.п.) и доставки торфа (чаще всего используют гусеничные тележки МТП-24Б) от штабелей с карт добычи к месту промежуточного складирования на суходоле перед погрузкой в автотранспорт [9].

В технологической схеме добычи торфа с применением бункерных уборочных машин только операции погрузки торфа и его транспортировки к месту промежуточного складирования совмещены (IV + V) и осуществляются одной машиной, а погрузки из полевого штабеля и складочных единиц в месте перегрузки – одной и той же самоходной машиной, например, фронтальным погрузчиком (VII и X), но остальные операции требуют соответствующих отдельных средств механизации.

В последние годы на рынке появились ее модификации: МТФ-43А-К, АТУ-20 и т.п., которые агрегируются с колесными тракторами. Хотя они и стали более мобильными, но кардинальных изменений в технологическую схему не внесли. Вне зависимости от того, сколько в комплексе на одном производственном участке торфяного предприятия работает уборочных машин – одна или шесть, все равно в комплекс средств механизации нужно включать отдельные высокопроизводительные машины и агрегаты по фрезерованию, ворошению, валкованию, штабелированию, которые при малых объемах производства большую часть сезона будут простаивать. Помимо этого, нужны средства погрузки (экскаватор, фронтальный погрузчик и т.п.) и доставки торфа (чаще всего используют гусеничные тележки МТП-24Б) от штабелей с производственных карт к месту промежуточного складирования на суходоле перед погрузкой в автотранспорт.

Делались попытки по модернизации этой технологии. Так, в начале 1980-х годов исследователями в Белоруссии с целью совмещения процессов валкования с уборкой (III + IV + V), было предложено установить двухсекционный скребковый валкователь между трактором и присоединенной к нему уборочной машиной. В наше время эта идея реализована финскими машиностроителями в бункерной уборочной машине JMK-40, к которой подборщик торфа установлен перед трактором. Предлагается также использовать для формирования штабелей фронтальный погрузчик. Однако кардинальных изменений в данный способ эти попытки снижения номенклатуры использованного оборудования не вносят.

Реализация добычи торфа по этой схеме требует, как минимум девять наименований задействованного оборудования. Сколько бы ни планировалось задействовать бункерных уборочных машин: две (для добычи 20 тыс. т торфа) или пять (минимум в промышленном комплексе), все равно требуется использование большей части из вышеперечисленного оборудования. Также вызывает сомнение возможность добывать бункерными машинами торф повышенной влажности (более 65 %) из-за ограниченной грузоподъемности бункерной машины, а также возможного налипания убираемой продукции в ковшах элеватора и закрытых полостях бункера-накопителя.

Двум другим технологическим схемам, в которых используются при уборке перевалочные и пневматические машины, присущи все те же отмеченные недостатки, как и в первой схеме, а также, что наиболее важно, они предназначены только для производства торфа пониженной влажности ( $\omega_y = 40\%$ ), который имеет при хранении все ту же ограниченную транспортную доступность.

*Заключение.* Таким образом, используя различные технические средства извлечь торф из залежи, то есть добыть полезное ископаемое, можно только тремя способами, основанными на экскавации, гидромеханизации, механическом рыхлении. При этом получается торф-сырец в виде, соответственно, кусков или комков, гидромассы, крошки, из которых в дальнейшем по многообразным технологическим схемам производства получают торфяную продукцию как в полевых, так и заводских условиях. В связи с этим, вместо традиционно используемых названий разнообразных «способов добычи» торфа предлагается применять термин – «способы производства» той или иной торфяной продукции. Актуальность и важность проблем, в решении которых торф должен играть существенную роль, ставит перед предприятиями по производству и переработке торфа ряд неотложных задач по улучшению качества торфа и совершенствованию организации его производства на небольших участках с налаженной круглогодичной транспортной доступностью.

#### Список литературы

1. Гамаюнов, С.Н. Тенденции производства и переработки торфа для нужд сельского хозяйства: монография / С.Н. Гамаюнов. – Тверь: ООО Издательство «Триада», 2016. – 256 с.
2. Гамаюнов, С.Н. Классификация способов добычи торфа и производства торфяной продукции / С.Н. Гамаюнов, А.Н. Гамаюнова // Известия вузов. Горный журнал. – № 5. – 2015. – С. 12–18.
3. Перспективное использование выработанных торфяных болот: монография / Под общей редакцией д. г. н. В.В. Панова. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2013. – 280 с.
4. Горная энциклопедия: в 5 томах / Гл. ред. Е.А. Козловский. – М.: «Советская Энциклопедия», 1991.
5. Варенцов, В.С. О единой терминологии торфяной промышленности / В.С. Варенцов, В.П. Власов, Ф.Г. Сергеев // Разработка торфяных месторождений: сб. науч. тр. / Калининский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. – М.: Недра, 1975. – Вып. XVIII (XIII). – С. 137–140.
6. Косов, В.И. От геоэкологии до нанотехнологий. Композитные строительные и топливно-энергетические материалы из органогенных горных пород и отходов / В.И. Косов, А.П. Золотухин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
7. Васильев, А.Н. Перспективные технологии производства фрезерного торфа: Учебное пособие / А.Н. Васильев. – Тверь: ТГТУ, 2007. – 184 с.
8. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа: учебное пособие / В.И. Смирнов [и др.]; под ред. В.И. Смирнова. 1-е изд. – Тверь: ТГТУ, 2007. – 392 с.
9. Беляков, В.А. Организация технологического процесса добычи фрезерного торфа: учебное пособие / В.А. Беляков, В.И. Смирнов. – Тверь: ТГТУ, 2006. – 100 с.

## **CLASSIFICATION OF WAYS AND TECHNOLOGICAL SCHEMES OF PRODUCTION OF PEAT PRODUCTION IN FIELD CONDITIONS**

**Kuporova A.V., Gamayunov S.N.**

*Distinctive signs of ways of production of peat raw and production of peat production in field conditions are proved. The main technological schemes and the equipment of production of peat which most widely apply in Russia are considered.*

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УПРОЧНЕНИЯ ФОРМОВАННОГО ТОРФА

Купорова А.В., Гамаюнов С.Н.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: borale@inbox.ru

*Рассмотрены механизмы увеличения прочности формованного торфа в процессе сушки. Предложены уравнения, позволяющие определять время «долговечности» разрушения образцы торфа под нагрузкой по С.Н. Журкову, а также находить конечную его прочность, как функцию массы сухого вещества (каркаса) в единицу объема влажного пористого тела. Представлены результаты экспериментальной проверки утверждений.*

*Введение.* В процессе сушки формованная методом экструзии торфяная продукция (кусковой, гранулированный торф) приобретает прочность.

Предложено несколько теорий прочности материалов. Согласно теории Гриффитса предполагается, что в теле имеются дефекты, трещины. При нагрузке происходит лавинное развитие трещин, приводящих к разрушению тела. Этому способствует адсорбция на внутренних поверхностях трещин молекул паров и газов [1–3].

С.Н. Журковым предложен новый, кинетический подход к проблеме прочности. Разрушение материала – это не мгновенное событие, а процесс, который развивается во времени [4, 5].

Внешняя нагрузка при растяжении создает внутри материала напряжения  $\sigma$ , что вызывают снижение сил взаимодействия между составляющими тело частицами и препятствуют рекомбинации разорванных связей. Согласно кинетической теории время от момента приложения нагрузки до разрушения тела  $\tau$  («долговечность») зависит от энергии связи между атомами  $U_0$  (Дж), напряжения  $\sigma$  (Па), температуры  $T$  (К) и структурного параметра  $\lambda$  (м<sup>3</sup>):

$$\tau = \tau_0 \exp((U_0 - \lambda\sigma)/kT), \quad (1)$$

где  $\tau_0$  – постоянная, соизмеримая с периодом тепловых колебаний частиц (молекул, атомов),  $c$ ;  $k$  – постоянная Больцмана, Дж/К.

Общая относительная деформация твердого тела равна

$$\varepsilon = \sigma/E + \alpha\Delta T, \quad (2)$$

где первый член правой части равенства учитывает деформацию тела под воздействием внешней нагрузки, а второй – от теплового расширения тела с увеличением температуры. Значения модуля Юнга  $E$  и коэффициента теплового расширения  $\alpha$  в теории упругости принимаются постоянными.

Следует также учитывать воздействие внешних полей (гравитационного, электрического, магнитного). Они воздействуют на величину молекулярных связей между частицами твердого тела и вызывают его деформацию.

*Объекты и методы.* Для выяснения механизма разрушения сложных, композиционных материалов рассмотрим вначале этот процесс на более простой модели, имеющей кубическую решетку в кристаллическом твердом теле. Для идеальной кубической решетки одномерная относительная деформация  $\varepsilon = (l - l_0)/l_0$ , где  $l_0, l$  – соответственно начальный и после деформации размер тела. При растяжении она равна отношению  $(r_i - r_0)/r_0$ , так как общая деформация тела равна сумме элементарных смещений всех его однородных частиц (атомов, ионов). Величина  $r_i$  – расстояние между частицами при воздействии температуры и внешней нагрузки ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ),  $r_0$  – расстояние, соответствующее минимальному значению потенциальной функции при температуре  $T_0$  (рис. 1). В течение определенного времени релаксации при повышении температуры, а также механическом растяжении возрастают расстояния между атомами  $r_1, r_2$ .

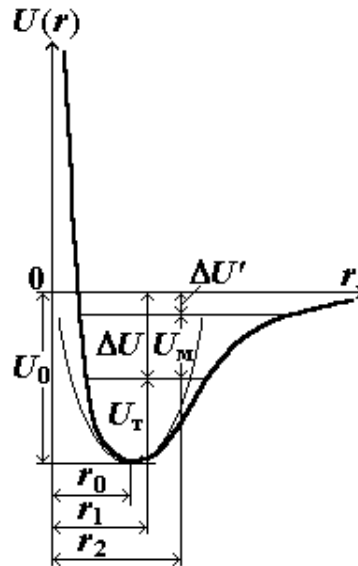


Рисунок 1. Изменение потенциальной энергии взаимодействия частиц  $U(r)$  в зависимости от расстояния между ними  $r$ .

При  $T > T_0$  атом (ион) получает дополнительную энергию  $U_T = c_a(T - T_0) = c_a\Delta T$ . Величина атомной теплоемкости для  $T$  выше температуры Дебая  $c_a = 3k$ . Для одномерного термического расширения  $U_T = k\Delta T$ . С увеличением температуры и соответственно расстояния между атомами до  $r_i$  в материале возникают термоупругие напряжения.

Пусть на стержень длиной  $l$  постоянного сечения  $s$  и объема  $V = sl$  действует сила  $F$ . Элементарная работа растяжения стержня равна  $dA = Fl \cdot d\varepsilon$ , где  $d\varepsilon = dl/l$ ;  $\varepsilon$  – линейная относительная деформация. Удельная работа при одномерной деформации равна

$$w_a = A/V = \int_0^{\varepsilon} (F/s) \dot{\varepsilon} dt, \text{ Дж/м}^3, \text{ где } \dot{\varepsilon} = d\varepsilon/dt \text{ – скорость относительной деформации; } F, s \text{ в общем}$$

случае – переменные величины. В пределах упругих деформаций  $\varepsilon = \sigma/E$ . После

интегрирования получим:  $w_a = E\varepsilon^2/2 = \sigma^2/(2E) = \varepsilon\sigma/2$ , Дж/м<sup>3</sup>.

*Результаты исследования и обсуждение.* В экспериментах определяют деформацию тела. Напряжения находят расчетным путем. Поэтому предпочтение следует отдавать экспериментальным значениям  $\varepsilon$  и ее максимально допустимой величине  $\varepsilon_{\max}$ , а не напряжения  $\sigma_{\max}$ . При этом существенно упрощаются многие проблемы расчета и контроля прочности изделий и конструкций, так как  $w_a$  – скалярная величина. Для расчетов необходимо знать предельно допустимые значения  $w_{\max} = E\varepsilon_{\max}^2/2$  или  $\varepsilon_{\max}^2$  для материалов, имеющих постоянное значение модуля упругости.

Удельная работа  $w_a$  затрачивается на преодоление сил притяжения с увеличением расстояния между узлами кристаллической решетки в направлении действия внешней силы  $F$ . Если сила направлена вдоль оси  $x$ , то вся система атомов (ионов) имеет одномерную деформацию растяжения в этом направлении. Расстояние между атомами возрастает от  $r_1$  до  $r_2$  (рис. 1). Величину  $w_a$  можно равномерно распределить на все  $n = \rho/m$  атомов с одинаковой массой  $m$  в единице объема материала, имеющего плотность  $\rho$ . Средняя энергия, необходимая для смещения атома в направлении действия внешней силы  $F$  в идеальной кубической решетке, соответственно равна:  $U_m = w_a/n = \varepsilon^2 Em/(2\rho)$ .

Разрушение образца происходит в случае, когда разрываются все межатомные связи в плоскости с наибольшим количеством дефектов. Поэтому разрушение может наблюдаться в короткое время при больших внешних нагрузках  $F$ . Оно может также происходить при меньших напряжениях в течение определенного времени («долговечности»). Для этого необходимо предоставить материалу время релаксации для максимального удлинения связей всех частиц во всем объеме материала. Такая ситуация возможна при больших значениях  $\varepsilon$  и времени воздействия с меньшей нагрузкой  $F$ .

Если расстояния  $r_i$  незначительно превышают  $r_0$ , то вероятность разрыва связей за счет флуктуаций мала. С увеличением  $r_i$  вследствие механического и теплового воздействий на атомы энергетический барьер уменьшается до величины  $\Delta U'$  (рис. 1). При этом возрастает вероятность разрыва всех связей с соседними атомами и перехода отдельных частиц за счет флуктуаций в подвижное состояние. Необходимая для этого энергия в открытой системе поступает извне.

По мере подвода тепла к телу повышается его средняя температура. Часть атомов приобретает более высокую локальную температуру за счет дополнительного поступления энергии (фононов) от соседних частиц. Эти атомы становятся «горячими». Возрастает вероятность перехода их в подвижное состояние. При больших механических нагрузках  $F$  и перепадах температуры  $\Delta T$  зависимость  $\varepsilon(\sigma, T)$  – нелинейная. В материале возникают

необратимые пластические деформации, вызывающие более интенсивное перемещение его частиц.

Если цилиндрический однородный образец формованного торфа сжимать вдоль его оси, то в поперечном направлении происходит увеличение его размера (рис. 2). Происходит перемещение частиц материала. Наибольшее их смещение наблюдается в середине высоты однородного образца. Пластические деформации (а, в общем случае, реологическое течение материала) приводит к увеличению расстояний между частицами и разрыву межатомных связей в локальных объемах материала. Образуются дефекты структуры.

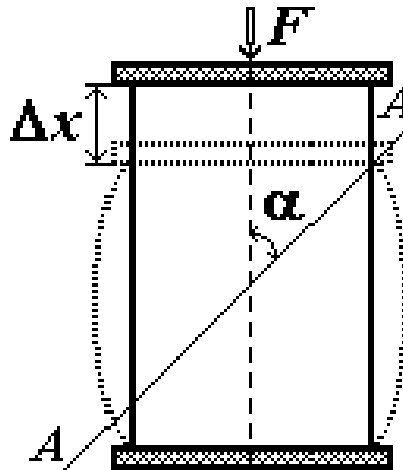


Рисунок 2. Деформация при одномерном сжатии образцов (AA – плоскость разрыва молекулярных связей).

Полагая, что скорость разрыва связей между атомами (ионами)  $d\chi/dt$  пропорциональна числу неразорванных связей  $\chi_m - \chi$  ( $\chi_m$  – максимальное число связей в идеальной кристаллической решетке), получим уравнение [1]:  $d\chi/d\tau = (\chi_m - \chi)/\theta$ , (3), в котором  $\theta = \theta_0 \exp(W/kT)$  (4) соответствует осредненному времени разрыва связей и переходу частиц в подвижное состояние;  $\theta_0 \approx 10^{-12} - 10^{-13}$  с – средний период колебаний атомов относительно положения равновесия внутри кристаллической решетки;  $W$  – энергия активации перехода атома в подвижное состояние, Дж.

После интегрирования уравнения (3) имеем вид:

$$\chi(\tau) = \chi_m [1 - \exp(-\tau/\theta)]. \quad (5)$$

Макроразрушение реального твердого тела происходит в течение времени  $\tau$  в определенном сечении образца AA (рис. 2) с максимальным числом нарушений сплошности кристаллической решетки. В этом сечении имеется наименьшее число межатомных связей  $\chi_p \ll \chi_m$ .

Из уравнений (4) и (5) следует, что долговечность

$$\tau = \ln[\chi_m/(\chi_m - \chi_p)] \theta_0 \exp(W/kT). \quad (6)$$

При  $T = \text{const}$ ,  $r/r_0 = 1 + \varepsilon$ ,  $\varepsilon \ll 1$  для частиц, имеющих металлическую ( $\nu > 1$ ) или ионную ( $\nu = 1$ ) связь, значение  $W = -U(r) = -U(\varepsilon) \approx K\nu^2/[r_0(1 + \varepsilon)] \approx (K\nu^2/r_0)(1 - \varepsilon) = U_0' - \gamma\sigma$ , где  $U_0' = K\nu^2/r_0$ ,  $\gamma = U_0'/E$ ,  $K = (4\pi\varepsilon_0)^{-1}$ ;  $U(r)$  – потенциальная функция.

Между однородными частицами в твердом теле возникают силы Ван-дер-Ваальса. Для расчета этих взаимодействий приближенно можно применять потенциал Леннарда-Джонса, который можно представить при  $\varepsilon \ll 1$  в виде

$$W = -U_0[(r/r_0)^{-12} - 2(r/r_0)^{-6}] = U_0[(1 + \varepsilon)^{-12} - 2(1 + \varepsilon)^{-6}] \approx U_0(1 - 36\varepsilon^2) = U_0' - k\sigma^2 = U_0' - \kappa\sigma, \quad (7)$$

где  $U_0' = U_0$ ;  $k = 36U_0/E^2$ ;  $\kappa = k\sigma$ .

Для расчета ковалентных и водородных связей можно воспользоваться потенциальными функциями Морзе, Липпинкота.

Подставляя значения  $W = U_0' - \kappa\sigma$  в уравнение (6) и, полагая  $\tau_0 = \ln[\chi_m/(\chi_m - \chi_p)]\theta_0$ , получим при  $U_0' = U_0$  и  $\kappa = \lambda$  уравнение (1).

Уравнение С.Н. Журкова согласуется с экспериментами, проведенными с металлическими (алюминиевыми стержнями [4]) и многими другими материалами [5]. Для полимеров, как следует из опытов [4], параметры  $U_0'$  и  $\kappa$  зависят от  $\varepsilon(\sigma)$ . При малом диапазоне изменений  $\varepsilon(\sigma)$  параметр  $\lambda$  в уравнении С.Н. Журкова (1) можно полагать величиной постоянной. В общем случае, для различных материалов в широком диапазоне изменения величин  $\varepsilon(\sigma)$  коэффициент  $\lambda(\sigma)$  необходимо определять экспериментально. Зависимости  $\ln \tau \sim T^{-1}$  целесообразно получать как функции измеряемой величины относительной деформации  $\varepsilon$ , а из экспериментальных графиков находить согласно формуле (6) значения энергии активации  $W$ .

В общем случае, при любых значениях  $\varepsilon$  в формулу (6) следует подставлять непосредственно атом-атомные потенциальные функции  $U(r)$ , которые более достоверно описывают эти взаимодействия для данного материала. Выбор потенциальных функций  $U(r)$  должен быть предварительно экспериментально обоснован во всем диапазоне нагрузок  $F$ , температур и воздействий внешних полей.

Синтетические и природные материалы состоят из совокупности частиц различных размеров, структуры и химического состава. Между частицами, ассоциатами макромолекул и внутри них возникает широкий спектр межмолекулярных взаимодействий. Обычно число связей внутри макрочастиц больше, чем между ними. Поэтому прочность материала определяется количеством когезионных контактов между крупными частицами материала, который можно представить в виде пространственной решетки из большого числа контактирующих полидисперсных частиц. Когезионные контакты между ними возникают через атомные связи периферийных молекул, взаимодействующих макрочастиц. В такой



изотропной решетке суммарная энергия взаимодействия между контактирующими макрочастицами в направлении декартовых координат – одинаковая.

Таким образом, прочность различных материалов зависит от осредненной энергии взаимодействия между атомами контактирующих частиц и числа атомных контактов в сечении с наибольшим количеством дефектов – нарушений сплошности (дислокаций, пор, трещин и их изменений в процессе воздействия нагрузки и среды). Для такой модели реального материала можно применять предложенное выше уравнение (6) прочности твердого тела.

Нормальное к плоскости скалывания  $AA$  (рис. 2), отнесенное к единице ее поверхности усилие сдвига  $\sigma$ , пропорционально произведению вероятностей разрыва реальных связей в направлении осей декартовой системы координат  $\chi_{px} \cdot \chi_{py} \cdot \chi_{pz}$ , а для изотропного тела  $\chi_p^3$ .

Полагаем, что при больших деформациях и нагрузках энергия активации разрыва связей  $W \approx U_0' - \gamma\sigma \rightarrow 0$  и в плоскости скалывания реальное число связей  $\chi_p \ll \chi_m$ . С учетом этих допущений в уравнении (6) логарифмическая функция  $\ln \chi_m / (\chi_m - \chi_p) = -\ln(1 - \chi_p / \chi_m) \approx \chi_p / \chi_m$ , а количество разорванных связей при трехмерном разрушении изотропного тела  $\chi_p^3 \approx (\chi_m \tau / \theta)^3 [1 - 3(U_0' - \kappa\sigma) / kT]$ . Из этого равенства следует  $\sigma \sim \chi_p^3$ . Величина  $\chi_p$  зависит от числа контактирующих частиц. Их количество, в свою очередь, пропорционально массе сухого вещества в единице объема влажного материала  $\gamma_0 = \gamma / (1 + u)$ . При отсутствии влаги  $\gamma = \gamma_0$ . Следовательно,  $\chi_p \sim \gamma_0$  и  $\sigma^{1/3} \sim \gamma_0$ . Эта зависимость согласуется с экспериментами.

Опыты проводили с образцами диспергированного торфа [6]. Согласно экспериментам, прочность цилиндрических торфяных образцов после сушки не зависит от их начальных размеров (рис. 3).

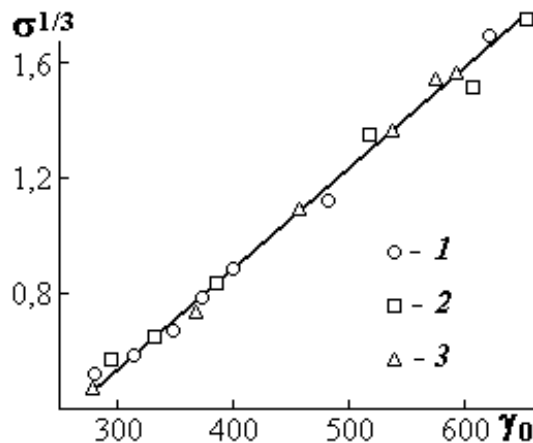


Рисунок 3. Зависимость прочности  $\sigma$  (МПа) образцов торфа с начальными диаметрами  $d = 20$  (1), 30 (2) и 40 (3) мм и длиной  $1,5d$  от плотности скелета материала  $\gamma_0$  (кг/м³).

*Заключение.* Из экспериментов следует, что наиболее прочные цилиндрические образцы торфа получаются из композиций, составленных из торфа различной степени дисперсности.

Определенное сочетание грубодисперсных и высокодисперсных фракций способствует образованию более прочных композиций. Угловые коэффициенты  $\eta$  графиков  $\sigma^{1/3}=f(\gamma_0)$  не зависят от технологических факторов. Это позволяет исследовать прочность материала, зависящую только от его физико-химических свойств.

### Список литературы

1. Гамаюнов, Н.И. Осмотические и электрокинетические явления в открытых системах: монография / Н.И. Гамаюнов, С.Н. Гамаюнов. – Тверь: ТвГТУ, 2013. – 188 с.
2. Бартенев, Г.М. Прочность и разрушение высокоэластичных материалов / Г.М. Бартенев, Ю.С. Зуев. – М.: Химия, 1964. – 388 с.
3. Бартенев, Г.М. Физика полимеров / Г.М. Бартенев, С.Я. Френкель. – Л.: Химия, 1990. – 430 с.
4. Журков, С.Н. К вопросу о физической основе прочности / С.Н. Журков // ФТТ. – 1980. – Т. 22. – № 11. – С. 33.
5. Регель, В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. – М.: Наука, 1974. – 560 с.
6. Гамаюнов, Н.И. Усадка и прочность капиллярно-пористых коллоидных материалов / Н.И. Гамаюнов, С.Н. Гамаюнов // ИФЖ. – 2004. – Т. 77. – № 1. – С. 39–44.

### PHYSICAL PROCESSES OF HARDENING OF THE FORMED PEAT

**Kuporova A.V., Gamayunov S. N.**

*Mechanisms of increase in durability of the formed peat in the course of drying are considered. The equations allowing to determine time of "durability" of destruction peat samples under loading by S.N. Zhurkov, and also to find its final durability as function of mass of solid (framework) in unit of volume of a moist porous body are offered. Results of experimental verification of statements are presented.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

Ларина Г.В.<sup>1</sup>, Безгина М.А.<sup>1</sup>, Шурова М.В.<sup>2</sup>, Ялбачева О.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия, e-mail: gal29977787@yandex.ru; oksano4ka05.96@gmail.com

<sup>2</sup> Горно-Алтайский НИИСХ – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», г. Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия

*В статье представлены результаты исследования ряда физико-химических показателей различного типа торфов Алтайской горной области. Установлены показатели гидролитической кислотности ( $H_2$ ), суммы обменных оснований ( $S$ ), ёмкости поглощения ( $EP$ ), количества обменного кальция ( $Ca^{2+}$ ) и обменного магния ( $Mg^{2+}$ ) низинных, верховых и переходных горных торфов. Выявлена взаимосвязь между указанными параметрами.*

Целью работы заключалась в установлении указанных технических и физико-химических характеристик низинных, верховых и переходных торфов Горного Алтая, рассмотрение указанных показателей в сравнении с показателями органоминеральных отложений и образцов горных почв.

Основными общетехническими характеристиками торфа являются гидролитическая кислотность, сумма поглощённых оснований, ёмкость поглощения, количество обменного кальция и обменного магния. Установление указанных параметров является необходимым с целью последующего определения возможных направлений использования торфа, а также продуктов его переработки. Торф, обладающий повышенными запасами доступных биофильных макроэлементов (а также микроэлементов), в частности  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , является перспективным ингредиентом для натуральных профилактических и оздоровительных препаратов, также – для ряда БАДов на основе разнообразного растительного сырья Горного Алтая. Исследования горных торфов являются актуальными для Республики Алтай, как для интенсивно развивающегося рекреационного региона.

Гидролитическую кислотность торфа и продуктов его переработки для сельского хозяйства определяют по ГОСТ 27894.1-88. Сущность метода заключается в извлечении обменных ионов водорода из торфа раствором уксуснокислого натрия и последующем титровании уксусной кислоты раствором гидроксида натрия.

Сумма поглощенных оснований в торфе определяется по методу Каппена-Гильковица. Анализ основан на обработке торфа некоторым количеством соляной кислоты определенной концентрации, часть которой идет на восстановление и нейтрализацию поглощенных оснований. Остаток кислоты учитывают титрованием гидроксидом, концентрация которого такая же как у соляной кислоты. Сумма поглощенных оснований эквивалентна количеству

соляной кислоты, которая была израсходована на вытеснение катионов. Ее находят по разности между взятым и оставшимся количеством соляной кислоты.

Емкость поглощения торфа определяется методом Е.В. Бобко и Д.Л. Аскинази в модификации П.Г. Грабарова и З.Л. Уваровой. Метод основан на вытеснении обменных катионов раствором хлористого бария.

Определение обменных ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , в горных торфах и почвах, проводили по методике ГОСТ 27894-88. Метод основан на извлечении ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из навески торфа раствором  $\text{HCl}$  0,2 моль/дм<sup>3</sup>. Количественное определение  $\text{Ca}^{2+}$  определяли комплексонометрическим методом при  $\text{pH}=12$  в присутствии индикатора мурексида. В качестве маскирующего агента использовали этилдитиокарбамат натрия. Содержание совместно  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  определяли комплексонометрически в аммиачном буферном растворе ( $\text{pH}=9$ ) с использованием индикатора эриохрома чёрного Т. Количество  $\text{Mg}^{2+}$  находили по разнице.

Органоминеральные отложения Горного Алтая характеризуются наибольшей средней величиной гидролитической кислотности (Нг), которая для них составляет 160,0 ммоль-экв/100 г (рис. 1.).

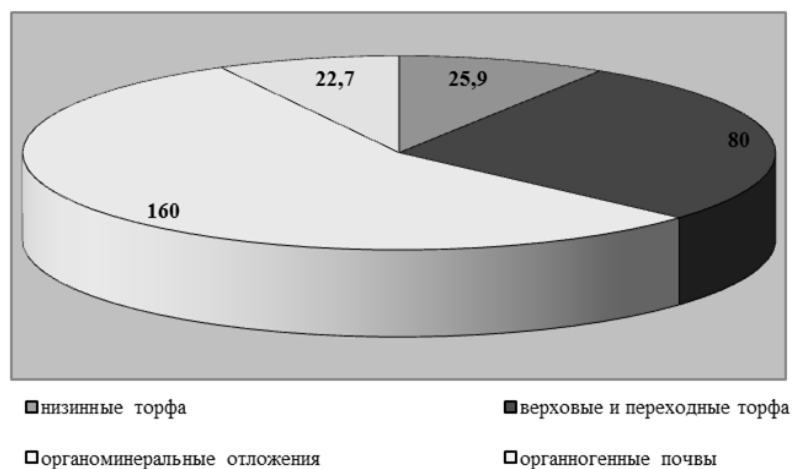


Рисунок 1. Гидролитическая кислотность объектов исследования (ммоль-экв/100 г).

Минимальная определяемая величина гидролитической кислотности выявлена для органогенных почв – 22,7 ммоль-экв/100 г. Гидролитическая кислотность верховых и переходных горных торфов составляет 80 ммоль-экв/100 г., для низинных торфов указанная величина в 2,7 раза меньше и равна – 25,9 ммоль-экв/100 г.

Гидролитическая кислотность существенно различается по типам торфяных залежей. Согласно литературным источникам, средняя величина гидролитической кислотности

залежей верхового типа может составлять 120 ммоль-экв/100 г, для торфяных залежей низинного типа она равна 50-60 ммоль-экв/100 г [1].

Наибольшая средняя величина суммы поглощённых оснований выявлена у низинных горных торфов, она составляет 193,3 ммоль-экв/100 г, как мы отметили выше, для них выявлена минимальная гидролитическая кислотность (рис. 2). Большая величина гидролитической кислотности органоминеральных отложений (ОМО), определённая ранее, находится в соответствии с малой величиной суммы поглощённых оснований ОМО – 65,4 ммоль-экв/100 г.

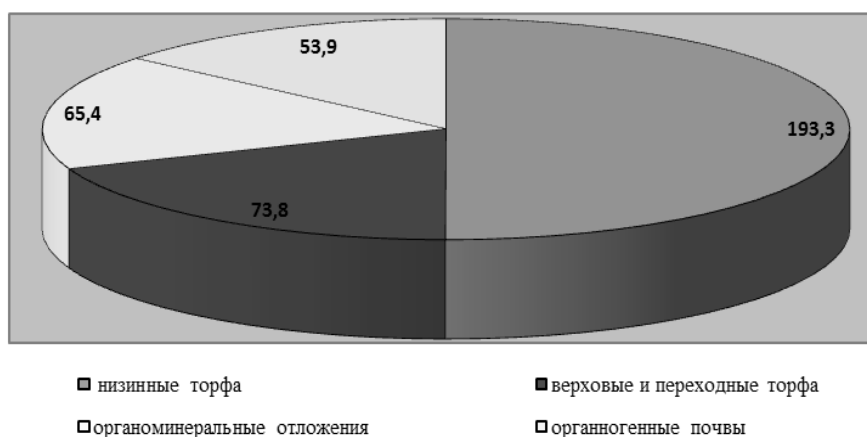


Рисунок 2. Сумма поглощенных оснований объектов исследования (мг-экв/100 г).

Наши результаты находятся в соответствии с литературными данными: для торфов прослеживается четкая обратная связь между гидролитической кислотностью и суммой поглощённых оснований – показатели которых составляют общую величину: ёмкость поглощения торфа [1].

Приведём сравнительную характеристику параметров горных торфов и их аналогов из Центральной части России. Верховой и низинный торф Горного Алтая менее кислый, чем равнинные представители Центральной части России, имеет большую величину суммы обменных оснований ( $S_o$ ). Ёмкости поглощения для сравниваемых горных и равнинных торфов близки между собой – 153,8 ммоль-экв/100 г и 160 ммоль-экв/100 г (табл. 1).

Таблица 1. Гидролитическая кислотность ( $H_g$ ), сумма поглощенных оснований ( $S_o$ ), ёмкость поглощения ( $EП$ ) верховых и переходных торфов, ммоль-экв/100 г

Регион	$H_g$	$S_o$	$EП$
Горный Алтай	$\frac{80}{22,6-140,6}$	$\frac{73,8}{5,8-189,3}$	$\frac{153,8}{112,0-211,9}$
Центральная часть России	$\frac{121,7}{44,1-204,5}$	$\frac{51,9}{6,3-151,2}$	$\frac{160 [1]}{20,0 - 250,0}$
	95 [6]	15 – 80 [6]	130 – 150 [3]

Гидролитическая кислотность низинных горных торфов в два раза меньше аналогичной средней величины торфов Центральной части России (табл. 2). Ёмкость поглощения исследованных региональных торфов смещена в сторону меньших величин: 6,1-58,97 ммоль-экв/100 г, для равнинных торфов Центральной части России этот интервал может достигать до 800 ммоль-экв/100 г, хотя в литературе указываются также верхние пределы 220-230 ммоль-экв/100 г [1-3].

Таблица 2. Гидролитическая кислотность (Нг), сумма поглощенных оснований (So), ёмкость поглощения (Е) низинных торфов, ммоль-экв/100 г

Регион	Нг	So	ЕП
Горный Алтай	<u>25,9</u>	<u>193,3</u>	<u>218,7</u>
	4,3-43,7	1,8-375,4	6,1-589,7
Центральная часть России	<u>57,6</u>	<u>153,7</u>	180 – 220 [1]
	0-155,4	19,1-736,4	100 – 800
	40 [6]	108 – 168 [1] 65 – 200 [6]	147– 230 [3]

В литературных источниках также приводятся различные интервалы суммы обменных оснований низинных торфов, при этом следует отметить, что среднее значение суммы обменных оснований горных торфов (193,3 ммоль-экв/100 г.) больше, чем у равнинных – 153,7 ммоль-экв/100 г.

Определенная нами ёмкость поглощения верховых и переходных торфов изменяется в небольших пределах: 112-212 ммоль-экв/100 г. Низинные горные торфы имеют более широкий предел изменения этой величины: от 6 до 590 ммоль-экв/100 г. Указанное различие объясняется тем, что в низинных горных торфах содержится большее количество гуминовых кислот, чем в переходных и верховых. Гуминовые кислоты характеризуются значительной физико-химической активностью за счёт наличия в их составе разнообразных функциональных групп, которые взаимодействуя с обменными основаниями (ионами металлов), повышают ёмкость поглощения низинных торфов.

В результате проведённых исследований выявлены интервалы содержания обменных кальция и магния в торфах различных регионов Горного Алтая (табл. 3). Установлено, что среднее содержание  $\text{Ca}^{2+}$  в торфах различных регионов значительно различается между собой: 9,47-103,61 ммоль-экв/100 г.

Таблица 3. Содержание обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в торфах и почвах Горного Алтая

Регион Горного Алтая/образцы	$\text{Ca}^{2+}$ , ммоль(экв)/100 г.	$\text{Mg}^{2+}$ , ммоль(экв)/100 г.
Северо-Восточный Алтай (n=9)	$\frac{23,10}{17,5-36,7}$	$\frac{46,66}{14,0-148,2}$
Центральный Алтай (n=14)	$\frac{103,61}{11,25-194,97}$	$\frac{36,81}{2,5-130,0}$
Юго-Восточный Алтай (n=4)	$\frac{9,47}{6,48-12,50}$	$\frac{58,98}{*-91,07}$
Горные почвы (n=5)	$\frac{34,47}{13,73-52,5}$	$\frac{16,20}{5,0-30,0}$
Горно-тундровые торфянистые, гидроморфные (n=7) [4]	$\frac{26,64}{15,15-45,48}$	$\frac{5,66}{3,12-10,80}$

Примечание: \* - менее предела обнаружения комплексонометрическим методом.

В торфах Центрального Алтая содержание обменного  $\text{Ca}^{2+}$  характеризуется значительной вариабельностью и составляет 11,25-194,97 ммоль-экв/100 г., для этого же региона характерен значительный разброс содержания обменного  $\text{Mg}^{2+}$ : 2,5-130,0 ммоль-экв/100 г. В торфах Северо-Восточного и Юго-Восточного Алтая интервалы содержания обменного  $\text{Ca}^{2+}$  более узкие при меньших средних величинах: 23,10-9,47 ммоль-экв/100 г.

Обращает на себя внимание значительное содержание обменного  $\text{Mg}^{2+}$ , который преобладает над количеством  $\text{Ca}^{2+}$  в торфах Северо-Восточного и Юго-Восточного Алтая: 46,66 и 58,98 ммоль-экв/100 г. Указанное, возможно, связано с составом подстилающих пород, на которых сформированы торфяные массивы и с образующимися продуктами выветривания зоны гипергенеза. Так, согласно [7], преобладающими подстилающими породами в Северо-Восточном Алтае являются бурые глины. В Юго-Восточном Алтае, вероятно, в силу значительной расчлененности рельефа и резких перепадов, как суточных, так и сезонных температур, в процессе гипергенеза горных пород образовались разнообразные по составу аллювиальные, делювиальные отложения, где в составе глинистых частиц (илистых) частиц преобладает обменный  $\text{Mg}^{2+}$ .

Количество обменных катионов определяет выбор направлений использования торфа в народном хозяйстве. Традиционными направлениями являются применение торфа в качестве ионообменных материалов и удобрений. Мы рассматриваем горный торф в качестве источника доступных (подвижных) биофильных макроэлементов:  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Нами рассчитаны величины степеней насыщенности поглощающего комплекса исследуемых образцов торфов ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (табл. 4). Указанный параметр – степень насыщенности

торфа кальцием, который является регулятором кислотности, используется в основе промышленной классификации торфяного сырья [1].

Таблица 4. Степень насыщенности (СН) поглощающего комплекса кальцием и магнием торфов и органогенных почв Горного Алтая

Образцы	A, %	Hг	Ср. $\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	ЕП	СН
Верховой и переходный торфы (n=3)	$\frac{2,4}{2,3-3,0}$	$\frac{91,1}{1,0-165,9}$	$\frac{11,3}{46,7}$	$\frac{113,7}{39,6-189,4}$	$\frac{0,50}{0,3-0,8}$
Низинный торф (n=6)	$\frac{22,6}{7,8-35,9}$	$\frac{25,2}{8,8-43,1}$	$\frac{144,8}{18,8}$	$\frac{219,1}{155,0-382,0}$	$\frac{0,78}{0,5-1,0}$
Органогенные почвы (n=5)	$\frac{56,04}{1,1-85,0}$	$\frac{34,0}{12,6-62,0}$	$\frac{39,8}{16,2}$	$\frac{105,1}{42,8-162,6}$	$\frac{0,54}{0,4-0,6}$

Примечание: A – зольность, Hг – гидролитическая кислотность, ЕП – ёмкость поглощения, СН – степень насыщенности образцов торфа и органогенных почв.

Проявляется обратная зависимость гидролитической кислотности горных торфов и степени насыщенности их кальцием и магнием: при снижении Hг от 91 ммоль-экв/100 г. (у верховых и переходных торфов) до 25 ммоль-экв/100 г. (низинных торфов) возрастает степень насыщенности от 0,50 ммоль-экв/100 г. (верховые и переходные торфы) до 0,78 ммоль-экв/100 г (низинных) (табл. 4). То есть, выявленная закономерность для горных торфов показывает, что их кислотность зависит от степени насыщенности торфов кальцием и магнием. Таким образом, увеличение степени насыщенности торфа ведёт к снижению величины его гидролитической кислотности. Автор [3] полагает, что насыщенность торфа кальцием может служить надежным признаком для типов торфом.

Средняя степень насыщенности кальцием и магнием органогенных почв близка к подобной величине верховых и переходных торфов: 0,54 ммоль-экв/100 г и 0,50 ммоль-экв/100 г, соответственно.

Таким образом, на основе представленных результатов наших исследований можно сделать следующие выводы.

1. Гидролитическая кислотность исследованных образцов горного торфа, органоминеральных отложений и почв изменяется от 160,0 до 22,7 ммоль-экв/100 г в ряду: ОМО → верховой и переходный торф → низинный торф → органогенные почвы.

2. Сумма поглощенных оснований указанных объектов исследования уменьшается от 193 до 65 ммоль-экв/100 г. в ряду низинный торф → верховой и переходный торф → ОМО.



3. Среднее содержание обменного кальция преобладает в торфах Центрального Алтая – 1-3,6 ммоль-экв/100 г, этому соответствует пониженное содержание обменного магния – 36,8 ммоль-экв/100 г. В исследованных образцах горного торфа обменный магний преобладает в торфах Северо-Восточного и Юго-Восточного Алтая.

4. Установлена обратная зависимость гидролитической кислотности горных торфов и степени насыщенности их поглощающего комплекса ионами кальция и магния.

5. Степень насыщенности верховых и переходных торфов сопоставима с этим показателем для органогенных горных почв – 0,50 и 0,54 (50 % и 54 %), степень насыщенности низинных торфов составляет 0,78 (78 %).

### Список литературы

1. Лиштван, И.И. Физические процессы в торфяных залежах. – М.: Наука и техника, 1989. – С. 114–145.
2. Базин, Е.Т., Копенкин, В.Д. Технический анализ торфа. – М.: Недра, 1992. – 431 с.
3. Никонов, М.Н. Закономерности распределения кислотности в торфяных залежах и некоторые основные свойства торфов. // Труды Центральной торфоболотной опытной станции. Т. 1. – М.: МСХ РСФСР, 1960. – С. 91–124.
4. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Под редакцией Р.В. Ковалёва. – Н.: Наука, 1973. – 352 с.
5. Ларина, Г.В., Инишева, Л.И., Порохина, Е.В. Болота Республики Алтай: распространение, особенности торфонакопления, свойства залежей, использование / Труды Карельского научного центра РАН. № 6. – 2017. – С. 1–12.
6. Берсегян, А.М. Типы болот СССР и принципы их классификации. – Л.: Наука, 1974. – С. 138–145.
7. Мальгин, М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. – Н.: Наука, 1978. – 271 с.

### TECHNICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PEAT OF THE ALTAI MOUNTAINS

**Larina G.V., Bezgina M.A., Shurova M.V., Yalbacheva O.A.**

*The article presents the results of the study of a number of physical and chemical parameters of various types of peat in the Altai mountain region. Indicators of hydrolytic acidity (Ng), the sum of exchange bases (S), absorption capacity (EP), amount of exchange calcium (Ca<sup>2+</sup>) and exchange magnesium (Mg<sup>2+</sup>) of lowland, top and transitional mountain peat are established. The interrelation between the specified parameters is revealed.*

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА ТОРФЯНЫХ БРИКЕТОВ

Лебедев В.В., Пухова О.В.

Тверской государственной технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: owpuhova@mail.ru

*В статье рассмотрено программное обеспечение автоматизации производства торфяных брикетов. Ускорение технического прогресса в торфяной отрасли достигается созданием автоматизированных линий глубокой переработки торфяного сырья. Разработано программное обеспечение для автоматической линии производства торфяных брикетов, позволяющее управлять параметрами и осуществлять мониторинг технологического процесса производства торфяных брикетов. Разработанная программа имеет интуитивно понятный интерфейс для оператора.*

*Введение.* Российская Федерация располагает значительными запасами торфа, рациональное использование и комплексная разработка [1] которого составляет одну из важных задач торфяной промышленности. Сейчас, когда возрос спрос на энергоносители (нефть, природный газ, уголь) значение торфа как местного вида топлива и сырья для производства различных видов продукции повысился при условии развития и совершенствования технологии торфяного производства, расширения областей использования торфа и продуктов его переработки [2, 3]. Для повышения эффективности производства необходимы совершенствования и поиск новых технологий переработки и сушки торфа, опирающиеся на результаты современных научных исследований и инженерных разработок [4, 5].

Автоматическая линия производства, представляет сложную динамическую систему, поведение которой в реальных условиях требует математического описания и больших затрат времени на программирование. Автоматизированный технологический процесс позволяет осуществлять мониторинг параметров процесса производства торфяных брикетов, таких как: температура, влажность, уровень наполнения, запыленность, степень переработки [6]. А также осуществлять контроль и управление прямым цифровым управлением. Все наблюдаемые параметры технологического процесса, передаются в полном объеме от датчиков к управляющему промышленному контроллеру, который рассчитывает управляющие сигналы для исполнительных устройств. Вопросам управления в горной технологии придается особое значение. Это, в первую очередь, связано со следующими особенностями производства торфяной продукции:

- ✓ сложность и высокая скорость протекания технологических процессов;
- ✓ взрыво- и пожароопасность перерабатываемых веществ;
- ✓ высокие температуры и высокое давление при протекании процессов переработки;

✓ высокая чувствительность ряда процессов к нарушениям технологического режима.

Необходимо учитывать и такое важное обстоятельство для управления: не все технологические параметры, которыми необходимо управлять в процессе производства, доступны непосредственному и непрерывному измерению.

*Результаты исследования.* Автоматизированный технологический процесс производства торфяных брикетов является полным циклом производства, имеющим на входе системы торфяное сырье, а на выходе – торфяные брикеты.

Брикетирование это процесс превращения массы фрезерного торфа в куски правильной формы. Технологический процесс разделяется на четыре этапа, связанных между собой (рис. 1).

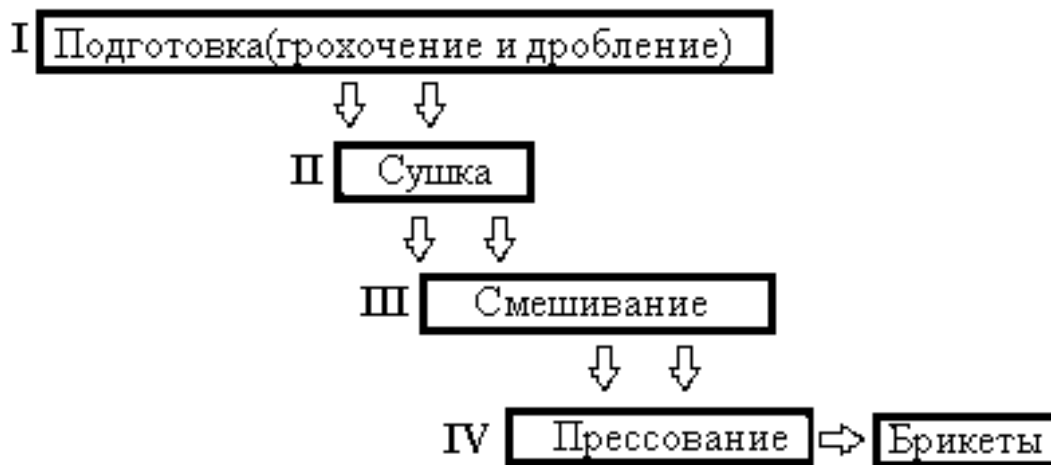


Рисунок. 1. Этапы технологического процесса производства торфяных брикетов.

На стадии подготовки торфа осуществляется контроль над работой транспортных средств и уровнем в приемном бункере. Сушка торфяной массы является одним из основных этапов, определяющим качество конечного продукта. На этой стадии предусматривается измерение влажности и дисперсности высушенного торфа, регулирование расхода поступающего на сушку торфа, измерение и регулирование температуры в сушилке. На этапе смешивания контролируются уровни в бункерах высушенного торфа, работа скребкового конвейера и смесителя. Стадия прессования предусматривает обеспечение автоматического чередования операций и контроль над производительностью пресса.

Более детально автоматическая линия производства торфяных брикетов приведена на функциональной схеме технологического процесса производства торфяных брикетов (рис. 2.). Исходный торф доставляется в цех в автосамосвалах (1) и разгружается в приемный бункер (2) над ковшовым элеватором (5). Сырье может доставляться в вагонах или контейнерах. На

двух-ситовом грохоте (4) из потока выделяются фракции 10-20 мм, направляемые на переработку в молотковую дробилку (5), а отсеянные более крупные фракции используются на животноводческих фермах. Подготовленный торф скребковым конвейером (8) подается в бункер-дозатор (9) сушильной установки (11) непрерывного действия, где торф высушивается до влажности не более 25 % в среде горячего воздуха с температурой 110-140 °С, нагретого в теплогенераторе (7) и нагнетаемого в сушилку вентилятором (6).

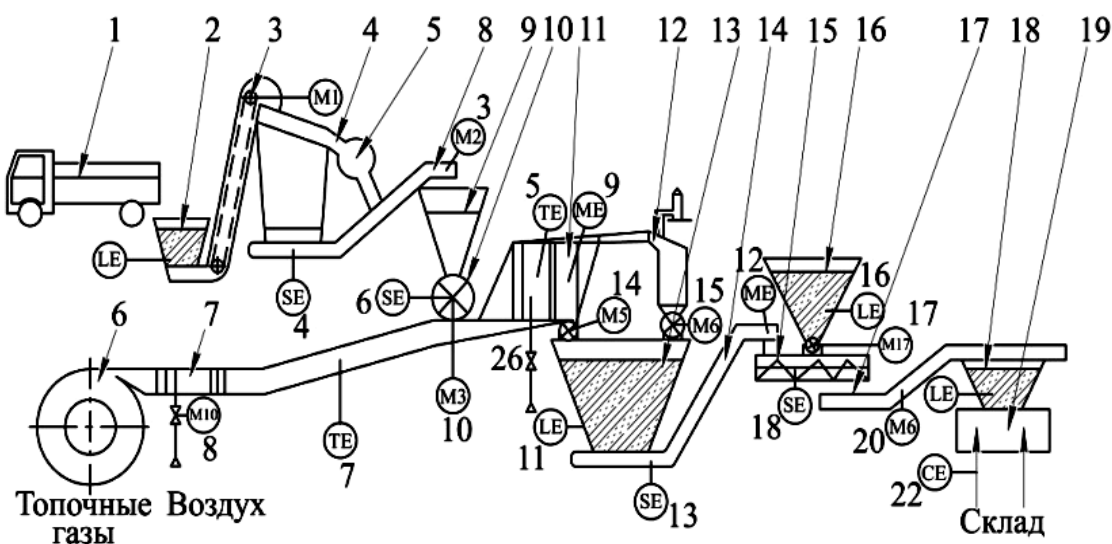


Рисунок 2. Функциональная схема автоматической линии производства торфяных брикетов.

Из сушилки торф поступает в бункер (13), сюда же поступают осажденные в циклоне (12) мелкие фракции торфа, уносимые сушильным агентом. Из бункера (13) высушенный торф скребковым конвейером (14) подается периодически в смеситель (15), куда одновременно подаются от бункера-дозатора (16) дополнительные компоненты. Подготовленная смесь подается скребковым конвейером (17) в бункер (18) пресса (19). Спрессованные брикеты по направляющим лоткам (20) соскальзывают на конвейер, а затем поступают на упаковку в картонные коробки, полиэтиленовые или бумажные мешки. Готовая продукция электрокарами доставляется на склад готовой продукции.

Представленный технический процесс является сложным для программной реализации, так как содержит большое число элементов управления и контроля. Разработанное для автоматической линии, программное обеспечение, имеет интуитивно понятный интерфейс (рис. 3).



Рисунок 3. Интерфейс программы управления автоматической линией производства торфяных брикетов.

Интерфейс программы состоит из нескольких панелей и вкладок, на которых расположены органы управления технологическим процессом изготовления торфяных брикетов, настройки элементов управления и контроля, системы отображения параметров технологического процесса и элементы графического отображения.

*Обсуждение результатов.* Для программной реализации автоматической линии были выбраны следующие технологические элементы:

Бункер для приёмки торфа. По мере необходимости (когда уровень торфа ниже минимально допустимого уровня) торф засыпается из самосвала до максимально допустимого уровня.

Двухситовый грохот, который из потока торфа выделяют фракции 10-20 мм, и направляемые на переработку в молотковую дробилку. Соотношение крупных и мелких фракций является одним из параметров доступных для мониторинга. Контроль ведётся с помощью датчика потока сыпучих веществ (крыльчатка).

Бункер, в который попадает торф после прохождения грохота и молотковой дробилки. На выходе этого бункера измеряется влажность торфа.

Вентилятор и печь для сушки торфа. Температура печи держится в диапазоне от 110 до 140 °С. При этом, если влажность более 60 %, температура растёт. В диапазоне влажности от 25 до 60% температура стремится к среднему значению в 125 °С. При влажности менее 25 % температура падает.

Бункер для торфа с нормализованной влажностью (не более 25 %) и консистенцией, в который попадает торф после сушки.

Бункер для добавок.

Бункер, в котором происходит смешение добавок и торфа. Для соблюдения пропорций, в этот бункер, подаются компоненты только в случае, если оба бункера-источника заполнены выше минимального уровня.

Последний бункер, из которого полученная торфяная смесь поступает в пресс.

Пресс, который делает брикеты.

Программа управления автоматизированным технологическим процессом производства торфяных брикетов обладает возможностью настраивать и контролировать следующие технологические параметры:

- объём бункера (в литрах);
- исходящий поток (в литрах/в секунду) показывает с какой скоростью вещество (торф или минеральные добавки) высыпается из бункера;
- минимально допустимое заполнение – доля (в процентах) от объёма бункера, при достижении которой, бункер подаёт сигнал о том, что его необходимо заполнить;
- максимально допустимое заполнение – доля (в процентах) от объёма бункера, при достижении которой, подаётся сигнал о том, что необходимо прекратить заполнение бункера.

Помимо настройки бункеров, можно так же настроить следующие параметры:

- доля крупных фракций (более 10 мм) в сырьевом торфе;
- поток торфа из грузовика (торф засыпается в 1-й бункер при достижении в нём минимально допустимого заполнения);
- поток торфяных добавок (добавки засыпаются в 4-й бункер при достижении в нём минимально допустимого заполнения).

Интерфейс программы управления, меняется при протекании технологического процесса, при этом: отображается уровень заполнения каждого бункера; указывается (цветом закраски) включен ли пресс; наличие исходящего потока; происходит ли отсыпка сырья из грузовика.

В ходе работы автоматической линии программное обеспечение, строит графики, на которых фиксируются значения различных параметров технологического процесса.

В ходе работы автоматической линии, оператор, в режиме реального времени, может наблюдать на панели приборов и графиках, текущее состояние параметров технологического процесса производства торфяных брикетов. Интересующую часть графика можно приблизить с помощью колесика мыши. На горизонтальной оси графика имеется разметка от 0 до 100, а на вертикальной оси откладывается время. В левой части окна можно выбрать до пяти параметров для одновременного вывода на график. Всего в приложении, доступно для вывода на график восемь параметров:

- ✓ пять параметров отображают процент наполненности каждого из пяти бункеров (от 0 до 100 %);

- ✓ влажность торфа (от 0 до 100 %);

- ✓ процент крупных фракций;

- ✓ температура печи (от 100 до 150 градусов по Цельсию).

Оператор анализирует параметры с помощью графиков и производит настройки автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Основными факторами повышения дохода сушильного производства за счет управления являются:

- ✓ увеличение производительности за счет сокращения продолжительности сушки;

- ✓ повышение качества торфяных брикетов;

- ✓ экономия энергоресурсов.

В настоящее время совершенствование управления процессом сушки идет по пути увеличения производительности сушильной камеры. За счет увеличения производительности сушильной камеры достигается и экономия энергоресурсов.

*Заключение.* Технический прогресс и уровень автоматического управления процессами в горном деле находятся в тесной взаимосвязи. Это вытекает из возможностей автоматического управления и создание автоматических линий на производстве:

- ✓ автоматический контроль технологических параметров, поддержание заданных технологических режимов и прогнозирование ведения технологического процесса;

- ✓ повышение производительности технологического оборудования, повышение качества и увеличение объема производимой торфяной продукции;

- ✓ снижение затрат сырья, материалов и энергии на производство единицы продукции;

- ✓ безопасное ведение технологического процесса и уменьшение вероятности нарушения технологического режима;

- ✓ увеличение надежности технологических процессов за счёт сокращение простоев оборудования и увеличение межремонтных сроков работы технологического оборудования.

## Список литературы

1. Мисников, О.С. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений / О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев // Горный журнал. – 2008. – № 11. – С. 59–63.
2. Панов, В.В. Современные тенденции развития торфяной отрасли России / В.В. Панов, О.С. Мисников // Труды Инсторфа. – 2015. – № 11 (64). – С. 3–12.
3. Яблонев, А.Л. Современные направления использования торфа / А.Л. Яблонев, О.В. Пухова // Вестник ТГТУ. 2010. – Вып. 17. – С. 104–107.
4. Мисников, О.С. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья / О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев, А.А. Михайлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – МГГУ, 2011. – № 9. – С. 84–92.
5. Яблонев, А.Л. Современное состояние торфяного машиностроения и выпускаемая им продукция для добычи торфа / А.Л. Яблонев // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 7 (125). – С. 44–48.
6. Lebedev, V. Software for Automated Production Line of Peat Briquettes / V. Lebedev, O. Puhova // E3S Web of Conferences «The 1<sup>st</sup> International Innovative Mining Symposium». – 2017. – Vol. 15. – P. 10–18.

## **SOFTWARE FOR AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING OF PRODUCTION OF PEAT BRIQUETTES**

**Lebedev V.V., Puhova O.V.**

*The article examines the software development of peat briquette production. The acceleration of technological progress can be achieved by designing automated lines of advanced peat processing. In accordance with this mission the development of technological process monitoring parameters is of great importance thanks to the possibility of end product physicochemical properties being predicted and managed to make efficient use of peat products for energy needs. The software with an intuitive interface for automated production line of peat briquettes has been developed. This provides means for managing and controlling the peat briquette production process.*



## ПОТЕРИ УГЛЕРОДА (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) В ЭКОСИСТЕМАХ БОЛОТ ТАЁЖНОЙ ЗОНЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ) В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

Мигловец М.Н., Михайлов О.А.  
ФГБУН Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия,  
e-mail: miglovets@ib.komisc.ru

В статье представлены результаты наблюдений за сезонными потоками углеродсодержащих парниковых газов (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) с поверхности крупнобугристого и аапа-болота (Республика Коми) за вегетационный период 2017 г. В ходе проведенных наблюдений и расчетов установлены суммарные величины потерь углерода при эмиссии CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>. Для исследованных объектов потеря составила 0,84-1,6 тС га<sup>-1</sup>. Доля углерода метана в общем потоке составила около 3 %.

*Введение.* Повышенное внимание к исследованиям эмиссии углеродсодержащих парниковых газов в болотных экосистемах северных широт в последние десятилетия связано, прежде всего, с изменением климата. Потепление климата вызывает изменение растительных сообществ, гидротермического режима болот, ускорение разложения органического вещества почвы, что приводит к изменению углеродного баланса наземных экосистем. Имеются единичные сведения о потоках парниковых газов для болот Республики Коми. Суммарная потеря углерода (эмиссия CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>) болотом подзоны южных тундр составляет 0,38 т С га<sup>-1</sup> [1]. Потери углерода в виде метана с поверхности мезоолиготрофного болота средней тайги варьирует от 0,15 до 0,35 т С га<sup>-1</sup> [2]. Цель нашего исследования – сравнить сезонные потери углерода в результате эмиссии CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> с поверхности крупнобугристого болота и аапа-болота европейского северо-востока России (Республика Коми).

*Объекты и методы.* Исследования проведены в июне-сентябре 2017 г. В качестве объектов были выбраны крупнобугристое болото Кулицанюр, расположенное в подзоне крайнесеверной тайги (Интинский р-н, Республики Коми) и аапа-болото в подзоне северной тайги (Печорский р-н). Доминирующие растительные ассоциации крупнобугристого болота в полной мере описаны нами ранее [3]. В мезоландшафте аапа-болота доминируют три фации: 1) **кустарничково–морозково–сфагновая** приурочена к периферии болота, микрорельеф – кочковато–мочажинный, растительные ассоциации верхового типа; в напочвенном покрове исследуемых участков доминируют *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench (15 % ОПП), *Betula nana* L. (10%), *Rubus chamaemorus* L. (12 %), *Carex pauciflora* Lightf. (8 %); 2) **кустарничково–осоково–сфагновая** представлена сетью густых гряд; доминируют *Andromeda polifolia* L. (10 %), *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench (10 %), *Carex lasiocarpa* Ehrh. (15 %); 3) **осоково–сфагновая** представлена топкими мочажинами–римпи; напочвенный покров сильно

разреженный (ОПП не более 25 %) с доминированием *Carex limosa* L (15 %), *Scheuchzeria palustris* L. имеет не более 5 % ОПП.

Несмотря на удаленность исследуемых болот друг от друга (255 км), погодные условия в районах исследования имели сходство. В 2017 г. в Интинском и Печорском районах май и сентябрь характеризовались умеренно прохладной погодой с отклонением от средней многолетней нормы на 1-3 °С. В результате начало вегетационного периода было отмечено в первых числах июня, его продолжительность составила около 100 дней для обоих районов. В конце первой декады августа наблюдали кратковременное похолодание со снижением среднесуточной температуры до +5 °С.

На крупнобугристом болоте скорость эмиссии метана и диоксида углерода измеряли на 14 участках: в олиготрофной фации - три участка на грядах и три участка в мочажине; на торфяном бугре - три участка на лишенных растительности торфяных пятнах, и пять участков в кустарничково-лишайниковых сообществах. На аапа-болоте наблюдения проводили на трех участках, приуроченных к осоково-сфагновой фации и на двух участках в осоково-кустарничково-сфагновой и двух участках кустарничково-морошково-сфагновой фаций.

Измерения удельных потоков метана и диоксида углерода проводили с использованием метода статических темных камер объемом 0,1 м<sup>3</sup>, установленных на металлическое основание (0,25 м<sup>2</sup>). Время экспозиции на каждом участке составляло 20 мин. Определение объемной доли метана в воздухе проводили с использованием инфракрасного газоанализатора GGA-30p (Los Gatos Research, США). Расчет удельных потоков проводился по уравнению:

$$F = \frac{P \times V \times M}{k \times (R \times (273 + T) \times A)}$$

где, F – поток газа (мкг м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>), P – атмосферное давление на момент измерения (Па), V – объем камеры (м<sup>3</sup>), M – молярная масса метана/диоксида углерода (г моль<sup>-1</sup>), R – универсальная газовая постоянная (8,314472 Па м<sup>3</sup> моль<sup>-1</sup> К<sup>-1</sup>), T – температура внутри камеры на момент измерения (°С), A – площадь рамы, ограничивающей поверхность (м<sup>2</sup>), k – коэффициент наклона линейной функции изменения концентрации газа во времени, вида kx+b (ppm с<sup>-1</sup>).

Суммарную эмиссию CH<sub>4</sub> оценивали как произведение сезонной медианы эмиссии с поверхности разных участков (г м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>) на продолжительность периода вегетации (100 сут.). Суммарную эмиссию CO<sub>2</sub> определяли как сумму среднесуточных значений потоков этого газа, рассчитанных по регрессионным уравнениям с заданными параметрами. Более 60 % дисперсии полученных значений потока описывалось такими факторами, как температура воздуха и торфяной залежи, атмосферное давление, уровень грунтовых вод и мощность

сезонно-талого горизонта (для крупнобугристого болота). Качество регрессионных уравнений определялось достоверностью определения коэффициентов регрессии и ошибкой построения уравнения, которая составила не более 30 % от среднесезонного потока.

*Результаты исследований и обсуждение.* За период наблюдений 2017 г. установлено, что интенсивная эмиссия метана с поверхности крупнобугристого и аапа-болота наблюдается на участках травянистых мочажин ( $10-13,7 \text{ г CH}_4 \text{ м}^{-2}$ ). Участки с доминированием кустарничковой растительности в напочвенном покрове характеризовались как слабые источники метана ( $1 \text{ г CH}_4 \text{ м}^{-2}$ ), однако с увеличением доли осок в кустарничковых сообществах аапа-болота интенсивность потока  $\text{CH}_4$  усиливалась в 5 раз (до  $5,7 \text{ г CH}_4 \text{ м}^{-2}$ ). Лишайниковые сообщества на мерзлотных буграх крупнобугристого болота были незначительным источником или стоком  $\text{CH}_4$ . Суммарный сезонный поток  $\text{CO}_2$  с поверхности кустарничково-морошково-сфагновых сообществ аапа-болота ( $613 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$ ) в 1,5 раза превышал поток с поверхности сходных сообществ крупнобугристого болота. Минимальные значения эмиссии  $\text{CO}_2$  отмечены в травянистых мочажинах исследованных болот ( $230-255 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$ ). С поверхности лишенных растительного покрова торфяных пятен мерзлотного бугра эмиссия за сезон составила –  $305 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$ , при этом на участках бугра с лишайниковым покровом эмиссия возрастала до  $375 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$ . Максимальные значения суммарной эмиссии  $\text{CO}_2$  за сезон были характерны для осоково-кустарничковых сообществ аапа-болота ( $810 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$ ).

Полученные нами результаты оказались сопоставимы с величинами эмиссионных потоков, полученными для болотных экосистем бореальной и тундровой зоны. Так с поверхности торфяников подзоны южной тундры европейского Северо-Востока России выделялось  $85-317 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$  при погодных условиях 2001 г. [1] и  $237-837 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$  в 2007-2008 гг. [4]. С поверхности крупнобугристого болота северной Финляндии в атмосферу за лето поступало  $446-553 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2}$  [5]. Наилучшая сходимость обнаружена при анализе суммарных величин эмиссии метана. Значения сезонного потока  $\text{CH}_4$  с поверхности исследованного крупнобугристого болота были приближены к величинам, наблюдаемым в болотных экосистемах субарктического региона Финляндии ( $1,3-19,8 \text{ г CH}_4 \text{ м}^{-2}$  по: [5]) и европейской части России ( $0,2-13,6 \text{ г CH}_4 \text{ м}^{-2}$  по [1]).

Оценка суммарной эмиссии газов с учетом площадей исследованных сообществ показала, что с поверхности крупнобугристого и аапа-болота за вегетационный период 2017 г. в атмосферу выделяется 0,4 и 1,3 т метана соответственно, а суммарная эмиссия диоксида углерода составила 39 и 158 т (табл.). Общая потеря углерода (эмиссия  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ ) при пересчете на единицу площади за исследованный период составила  $0,84 \text{ т C га}^{-1}$  для

крупнобугристого болота и  $1,6 \text{ т С га}^{-1}$  для аапа-болота, в том числе потеря углерода с эмиссией метана –  $0,03 \text{ т С га}^{-1}$ .

Таблица. Суммарная эмиссия углеродсодержащих парниковых газов в пересчете на площади исследованных сообществ (тонн) в 2017 г.

Тип сообществ	Площадь, м <sup>2</sup>	Аапа-болото		Крупнобугристое	
		СН <sub>4</sub>	СО <sub>2</sub>	СН <sub>4</sub>	СО <sub>2</sub>
ТП	6613	--	--	0,0005	2,01
ЛС	27383	--	--	-0,0005	10,27
ПСМ	38285	--	--	0,38	9,77
КСГ	39358	--	--	0,046	17,2
ОСМ	57667	0,79	13,33	--	--
КОГ	59878	0,34	48,47	--	--
КМК	157710	0,16	96,71	--	--
<b>ИТОГ</b>		1,3	158,5	0,4	39,3

*Примечание:*

*ТП – оголенные торфяные пятна (мерзлотный бугор), ЛС – лишайниковые и кустарничково-лишайниковые сообщества (мерзлотный бугор), ПСМ – пушицево-сфагновые мочажины, КСГ – кустарничково-сфагновые гряды, ОСМ – осоково-сфагновые мочажины, КОГ – кустарничково-осоково-сфагновые гряды, КМК – кустарничково-морошково-сфагновые кочки.*

*Закключение.* Таким образом, при сходных погодных условиях вегетационного периода 2017 г., из экосистемы двух типов бореальных болот в атмосферу поступило 0,84 до 1,6 т углерода в виде метана и диоксида углерода. Выявлены различия по скорости эмиссии СО<sub>2</sub> на крупнобугристом болоте крайнесеверной тайги и аапа болоте средней тайги, что может быть связано с температурным режимом почвы. Интенсивность эмиссии метана на двух разных по типу питания болот была сходной.

*Работа выполнена в рамках проекта «Вертикальные потоки углеродсодержащих парниковых газов в экосистемах бореальных лесов и болот в условиях современного климата» (№ 18-4-4-17) Комплексной программы Уральского отделения РАН 2018-2020 гг.*

## Список литературы

1. Heikkinen, J.E.P. Carbon balance in East European tundra [Text] / J.E.P. Heikkinen, T. Virtanen [et al.] // Global Biogeochemical Cycles. – 2004. – Vol. 18. (doi:10.1029/2003GB002054.)
2. Ecosystem of a mesooligotrophic peatland in Northwestern Russia: development, structure, and function // ed. Zagirova, Schneider. – Syktyvkar: KomiSC of Ural Branch RAS, 2016. – 172 p.
3. Мигловец, М.Н. Суммарная эмиссия метана на крупнобугристом болоте крайнесеверной тайги в теплый период года [Текст] / М.Н. Мигловец, С.В. Загирова [и др.] // Вестник ИБ КомиНЦ УрО РАН. – 2018. – № 1. – С. 34–38.
4. Marushchak, M.E. Carbon dioxide balance of subarctic tundra from plot to regional scales [Text] / M.E. Marushchak, I. Kiepe [et al.] // Biogeosciences Discussions. – 2012. – № 9. – P. 9945–9991.
5. Nykänen, H. Annual CO<sub>2</sub> exchange and CH<sub>4</sub> fluxes on a subarctic palsamire during climatically different years / H. Nykänen, J.E.P. Heikkinen [et al.] // Global biogeochemical cycles. – 2003. – Vol. 17, N 1. (doi:10.1029/2002GB001861.)

## **CARBON OUTFLOW (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) IN MIRES ECOSYSTEMS OF BOREAL ZONE (REPUBLIC OF KOMI) IN THE CONDITIONS OF MODERN CLIMATE**

**Miglovets M.N., Mikhailov O.A.**

*The article presents the results of observations of seasonal fluxes of greenhouse gases (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) from the palsamire and aapa mire (Republic of Komi) for the vegetation period of 2017. Observations and calculations have established the total values of carbon outflows (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions). For the objects studied, the loss was 0,84–1,6 mC ha<sup>-1</sup>. The share of methane carbon in the total flux was about 3 %.*

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ В ВАЛКОВО-ДИСКОВОМ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Нагорнов Д.О.<sup>1</sup>, Кремчеев Э.А.<sup>2</sup>, Казаченко Г.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nagornov\_d\_spmi@mail.ru

<sup>2</sup> ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: kremcheev@mail.ru

<sup>3</sup> Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: kazachenko@bntu.by

*В статье представлен анализ факторов, влияющих на качество продукции, производимой на основе торфяного сырья. Дан обзор механизмов, используемых в настоящее время при производстве торфяной продукции. Представлена методика оценки степени переработки торфа при его прохождении через перерабатывающий валково-дисковый механизм, с учётом допущения условия неразрывности и неизменности объема проходящего сырья.*

При производстве качественной торфяной продукции из экскавируемого торфяного сырья необходимо учитывать широкий перечень факторов, которые условно можно объединить в следующие группы – свойства экскавированного сырья, метеорологические факторы, параметры машин и механизмов, используемых при добыче и переработке сырья [1-3]. В первой группе в качестве определяющего фактора можно выделить степень переработки торфяного сырья, существенно влияющего на технологические процессы сушки, энергетические затраты по переработке сырья и в конечном итоге на качество производимой продукции.

В практике полевого производства торфяной продукции в виде различных по форме и размерам кусков наибольшее применение получили механизмы на основе шнековых экструдеров, что обусловлено их высокой перерабатывающей способностью, простотой конструкции и свободой выбора формующих мундштуков. Вместе с тем во многих случаях шнековые пресс-формователи неэффективны по энергетическим показателям, особенно по удельным затратам энергии на тонну производимой продукции. Поэтому не прекращаются попытки создания других, более эффективных и производительных перерабатывающе-формующих устройств, обеспечивающих получение полевой продукции сырья, заданного гранулометрического состава [4, 5].

Одно из перспективных направлений создания таких устройств – использование валково-дисковых перетирателей, принцип действия которых позволяет объединить операции сепарации торфяного сырья и его первичной переработки для производства различных продуктов на основе торфа [6, 7]. Для определения степени переработки торфа-сырца в валково-дисковом устройстве определим его относительные деформации при прохождении в пространстве между двумя соседними валками с дисками, соединенными с валками через

ступицы. Переработка в таком механизме осуществляется за счет деформаций сдвига, которые возникают в результате скольжения слоев торфа относительно друг друга, а также за счет деформаций раздавливания при сужении в пространстве между двумя соседними валками. При определении относительных деформаций, возникающих при этом, будем считать, что условия неразрывности и неизменности объема соблюдаются.

Деформации сдвига за счет разности скоростей слоев торфа в плоскости, перпендикулярной осям валков носят сложный характер вследствие несовпадения направлений движения частиц торфа, соприкасающихся с боковыми поверхностями дисков со скоростями точек этих поверхностей. Разобьем область, в которой торф подвергается переработке на несколько частей таким образом, чтобы вычислить в них средние значения степени переработки [8]. Рассмотрим сначала область (рис. 1) между боковыми поверхностями двух дисков, принадлежащих соседним валам.

При одинаковых скоростях вращения валов и геометрических размеров дисков поле скоростей точек боковых поверхностей дисков симметрично относительно геометрических осей фигуры пересечения дисков. Эта фигура – два сложенных хордами, равных между собой сегмента с центральными углами  $2\alpha$ . Определим объем материала, проходящего через эту фигуру

$$Q_d = S_d \cdot v, \quad (1)$$

где  $S_d$  – площадь поперечного сечения потока материала, проходящего между дисками;  $v$  – скорость материала в этом сечении, м/с.

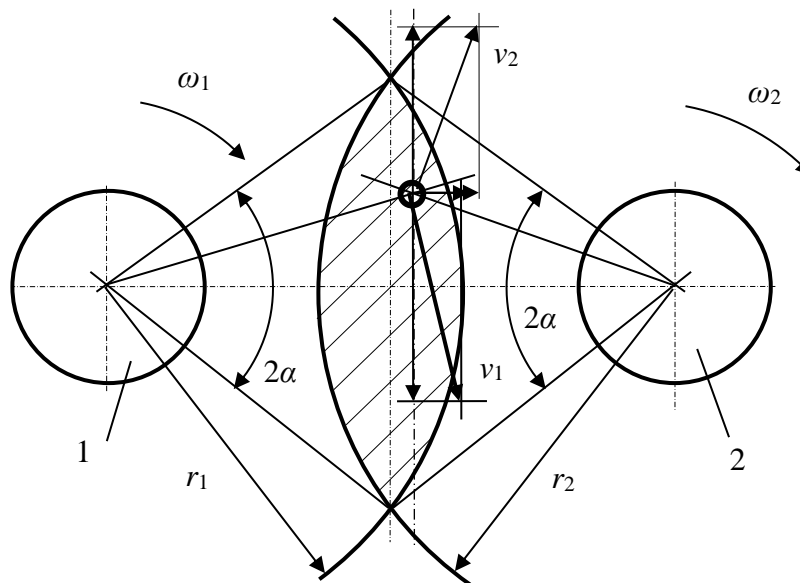


Рисунок 1. Определение пространства между дисками в котором происходит переработка.

Площадь  $S_\delta$  поперечного сечения

$$S_\delta = b(h_\delta - \bar{b}_\delta), \quad (2)$$

где  $b$  – ширина проходного сечения, м;  $h_\delta$  – шаг установки дисков на валу, м;  $\bar{b}_\delta$  – толщина диска, м;  $h_\epsilon$  – диаметр вала, м.

Ширина сечения потока материала между дисками изменяется от нуля до максимального значения  $b_{\max}$  и обратно до нуля. Текущее значение ширины сечения (рис. 2.)

$$b = (2 \cdot r_\delta - h_\epsilon) - 2 \int_0^\alpha db, \quad (3)$$

где  $db$  – дифференциал ширины сечения, выраженный через угол  $\alpha$ , измеряемый от плоскости, содержащей оси валов,

$$db = r \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha. \quad (4)$$

Интегрируя и определяя постоянную интегрирования при  $\alpha = 0$ , имеем

$$b = (2 \cdot r_\delta - h_\epsilon) - 2 \cdot r_\delta (1 - \cos \alpha), \text{ или } b = 2 \cdot r_\delta \cdot \cos \alpha - h_\epsilon. \quad (5)$$

Тогда

$$S_\delta = (h_\delta - \bar{b}_\delta) \cdot (2 \cdot r_\delta \cdot \cos \alpha - h_\epsilon), \quad (6)$$

$$Q_\delta = (h_\delta - \bar{b}_\delta) \cdot (2 \cdot r_\delta \cdot \cos \alpha - h_\epsilon) \cdot v. \quad (7)$$

При определении скорости материала в соответствующих сечениях считаем, что она возрастает от начального значения в наибольшем сечении до сечения наименьшей ширины в соответствии с условием  $s \cdot v = \text{const}$ .

Начальная площадь сечения  $s_0 = a \cdot b$ . Далее она уменьшается по закону

$$\begin{aligned} s &= s_0 - 2 \cdot z_\epsilon \cdot z_\delta \cdot \bar{b}_\delta \cdot r_\delta \cdot \cos \alpha \quad \text{при } r_\delta \cdot \sin \alpha \geq r_{cm}; \\ s &= s_0 - 2 \cdot z_\epsilon \cdot z_\delta \cdot \bar{b}_\delta \cdot r_\delta \cdot \cos \alpha - 2 \cdot z_\epsilon \cdot z_\delta \cdot \bar{b}_{cm} \cdot r_{cm} \cdot \cos \alpha \quad \text{при } r_{cm} \cdot \sin \alpha \geq r_\delta; \\ s &= s_0 - 2 \cdot z_\epsilon \cdot z_\delta \cdot \bar{b}_\delta \cdot r_\delta \cdot \cos \alpha - 2 \cdot z_\epsilon \cdot z_\delta \cdot \bar{b}_{cm} \cdot r_{cm} \cdot \cos \alpha - 2 \cdot z_\epsilon \cdot b \cdot r_\epsilon \cdot \cos \alpha \\ &\quad \text{при } r_\delta \cdot \sin \alpha \geq 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\bar{b}_\delta$ ,  $\bar{b}_{cm}$  – толщина диска и ступицы, м;  $r_\delta$ ,  $r_{cm}$ ,  $r_\epsilon$  – диаметры диска, ступицы и вала, м;  $z_\epsilon$ , – число валов;  $z_\delta$  – число дисков на валу.

При постоянной производительности  $Q$  средняя скорость потока материала  $v = Q/S$ . Через величину этой скорости определяем время нахождения перерабатываемого материала в пространстве между боковыми поверхностями дисков

$$t = l/v, \quad (9)$$



где  $l$  – длина пути материала при прохождении между боковыми поверхностями дисков. Это расстояние зависит от положения части рассматриваемого потока материала относительно валов

$$l = 2 \cdot r_{\partial} \cdot \sin \alpha_{\kappa}, \quad (10)$$

где  $0 \leq \alpha \leq \alpha_{\kappa}$  - половина текущего значения угла контакта дисков.

Степень переработки также зависит от этого расстояния. Определяя элементарную степень переработки через скорости прилегающих к дискам слоев торфа

$$d\lambda_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_2 - v_1}{h_{\partial} - \bar{b}_{\partial}} \cdot dt, \quad (11)$$

где  $v_2, v_1$  – скорости торфа в местах соприкосновения его с боковыми поверхностями дисков.

$$d\lambda_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_2 - v_1}{h_{\partial} - \bar{b}_{\partial}} \cdot \frac{dl}{v} = \frac{v_2 - v_1}{h_{\partial} - \bar{b}_{\partial}} \cdot \frac{r_{\partial} \cdot \cos \alpha}{v} \cdot d\alpha. \quad (12)$$

Таким образом

$$\lambda_1 = \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{v_2 - v_1}{h_{\partial} - \bar{b}_{\partial}} \cdot \frac{r_{\partial} \cdot \cos \alpha}{v} \cdot d\alpha = \frac{r_{\partial}}{2 \cdot (h_{\partial} - \bar{b}_{\partial}) \cdot v} \int_{-\alpha}^{\alpha} (v_2 - v_1) \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha. \quad (13)$$

Производительность через часть сечения, в которой достигается степень переработки  $\lambda_1$

$$dQ_1 = v \cdot dS, \quad (14)$$

где  $dS_1 = (h_{\partial} - \bar{b}_{\partial}) \cdot r_{\partial} \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha$ .

Тогда

$$Q_1 = v \cdot r_{\partial} \cdot \cos \alpha. \quad (15)$$

Определим теперь среднюю степень переработки материала в пространстве между дисками

$$\lambda_{1c} = \frac{\int \lambda_1 dQ_1}{Q_{10}} = \frac{2 \cdot r_{\partial}^2}{Q(h_{\partial} - \bar{b}_{\partial})} \cdot \int_0^{\alpha_{\kappa}} (v_2 - v_1) \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha \cdot \int_0^{\alpha_{\kappa}} \cos \alpha \cdot d\alpha. \quad (16)$$

Если определить среднее значение разности  $v_2 - v_1$  скоростей торфа около боковых поверхностей дисков, то имеем окончательно

$$\lambda_{1c} = \frac{2 \cdot r_{\partial}^2 \cdot (v_2 - v_1)}{Q \cdot (h_{\partial} - \bar{b}_{\partial})} \left( \int_0^{\alpha_{\kappa}} \cos \alpha \cdot d\alpha \right)^2 = \frac{2 \cdot r_{\partial}^2 \cdot (v_2 - v_1)}{Q \cdot (h_{\partial} - \bar{b}_{\partial})} \cdot \sin^2 \alpha_{\kappa}, \quad (17)$$

где

$$\sin \alpha_{\kappa} = \frac{\sqrt{r_{\partial}^2 - \frac{1}{4} h_e^2}}{r_{\partial}}. \quad (18)$$

Определяя среднее значение разности  $v_2 - v_1$  скоростей торфа около боковых поверхностей дисков примем во внимание то, что по мере опускания поток материала сужается. Вследствие этого появляется дополнительная переработка за счет поперечных смещений. Величину интенсивности деформаций за счет таких смещений определим отдельно.

Следуя [9] запишем

$$\dot{v}_2 = v_{2\partial} - v_{ck}; \quad \dot{v}_1 = v_{1\partial} + v_{ck}, \quad (19)$$

где  $\dot{v}_2$  - скорости торфа в местах соприкосновения его с боковыми поверхностями второго диска, м/с;  $v_{2\partial}$  - скорость точки диска, контактирующей с торфом, имеющим скорость  $\dot{v}_2$ ;  $\dot{v}_1$ ,  $v_{1\partial}$  - то же самое для первого диска;  $v_{ck}$  - скорость скольжения торфа относительно боковых поверхностей дисков

$$v_{2\partial} = \omega \cdot r_2 \cdot \cos \alpha_2; \quad v_{1\partial} = \omega \cdot r_1 \cdot \cos \alpha_1; \quad (20)$$

$$\dot{v}_2 = \omega \cdot r_2 \cdot \cos \alpha_2 - v_{ck}; \quad \dot{v}_1 = \omega \cdot r_1 \cdot \cos \alpha_1 + v_{ck},$$

где  $r_1$ ,  $r_2$  - текущие значения радиусов контакта.

Средние значения скоростей  $\dot{v}_2$  и  $\dot{v}_1$  определим путем их осреднения по общей области контакта боковых поверхностей с торфом

$$\dot{v}_2 = \frac{\int_{r_1' - \alpha_k}^{r_2'} \int_{\alpha_k}^{\alpha_k} \omega \cdot r_2^2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot d\alpha \cdot d\omega - \int_{r_1' - \alpha_k}^{r_2'} \int_{\alpha_k}^{\alpha_k} v_{ck} \cdot r_2 \cdot d\alpha \cdot dr}{r_\partial^2 (2 \cdot \alpha_k - \sin 2\alpha_k)}; \quad (21)$$

$$\dot{v}_1 = \frac{\int_{r_1' - \alpha_k}^{r_2'} \int_{\alpha_k}^{\alpha_k} \omega \cdot r_1^2 \cdot \cos \alpha_1 \cdot d\alpha \cdot d\omega - \int_{r_1' - \alpha_k}^{r_2'} \int_{\alpha_k}^{\alpha_k} v_{ck} \cdot r_1 \cdot d\alpha \cdot dr}{r_\partial^2 (2 \cdot \alpha_k - \sin 2\alpha_k)}, \quad (22)$$

где  $r_1'$  и  $r_2'$  - границы общей области контакта.

Определив пределы интегрирования  $r_2' = r_\partial$ ,  $r_1' = r_\partial - h_g / 2$  и произведя интегрирование с учетом того, что  $v_{ck} = const$ , имеем

$$\dot{v}_2 = \frac{\omega \cdot \left( r_\partial^3 - \frac{h_g^3}{8} \right) \cdot 2 \cdot \sin \alpha_k}{3 \cdot r_\partial^2 \cdot (2\alpha_k - \sin 2\alpha_k)} - v_{ck}. \quad (23)$$

Для вычисления  $\dot{v}_2$  и  $\dot{v}_1$  можно пользоваться формулами

$$v_2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{\omega \cdot r_\partial \cdot \sin \alpha_\kappa}{(2\alpha_\kappa - \sin 2\alpha_\kappa)} - v_{\text{СК}}, \quad (24)$$

$$v_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{\omega \cdot r_\partial \cdot \sin \alpha_\kappa}{(2\alpha_\kappa - \sin 2\alpha_\kappa)} + v_{\text{СК}}. \quad (25)$$

Тогда

$$v_2 - v_1 = \frac{4}{3} \cdot \omega \cdot r_\partial \cdot \frac{\sin \alpha_\kappa}{2 \cdot \alpha_\kappa - \sin 2\alpha_\kappa} - 2 \cdot v_{\text{СК}}, \quad (26)$$

$$\lambda_{1c} = \frac{8}{3} \cdot \omega \cdot r_\partial^3 \cdot \frac{\sin^3 \alpha_\kappa}{Q \cdot (h_\partial - \bar{b}_\partial) \cdot (2 \cdot \alpha_\kappa - \sin 2\alpha_\kappa)} - \frac{4}{3} \cdot \frac{v_{\text{СК}} \cdot r_\partial^2 \cdot \sin^2 \alpha_\kappa}{Q \cdot (h_\partial - \bar{b}_\partial)} \quad (27)$$

Сдвиговые деформации за счет изменения сечения потока материала, проходящего через валки, определим из условия его неразрывности и неизменности размера поперечного сечения.

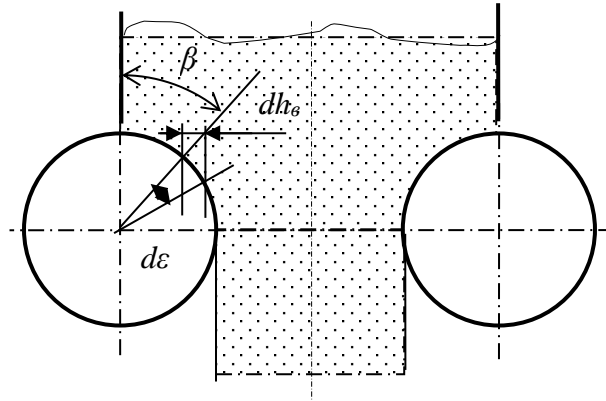


Рисунок 2. Расчетная схема к определению относительных деформаций торфа при прохождении через роторно-дисктовую поверхность [10].

$$dh_\epsilon = r_\epsilon \cdot d\beta \cdot \cos \beta; \quad (28)$$

$$d\epsilon_1 = r_\epsilon \cdot d\beta \cdot \cos \beta.$$

Эти условия дают следующие соотношения между относительными деформациями вдоль трех взаимно перпендикулярных осей

$$\epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33} = 0, \quad (29)$$

где  $\epsilon_{11} = \frac{d_\epsilon}{h_\epsilon}$ , а  $\epsilon_{22} = 0$ .

Откуда получаем  $\epsilon_{33} = -\epsilon_{11}$  и

$$d\lambda_2 = \sqrt{2 \cdot d\epsilon_{11}^2} = \sqrt{2} \cdot \epsilon_{11} \quad \text{и} \quad \lambda_2 = \frac{v_2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{d_\epsilon}{h_\epsilon}. \quad (30)$$

Третья составляющая тензора интенсивности деформаций – сдвиговые деформации вдоль цилиндрических поверхностей валов, ступиц и дисков. Эти деформации распространяются в небольшой части потока материала около указанных поверхностей. Для вычисления интенсивности деформаций при этом воспользуемся формулой

$$d\varepsilon_{31} = \frac{v - v_{CK}}{\delta} \cdot dt, \quad (31)$$

где  $v$  – скорость материала, м/с;  $\delta$  – толщина пристенной части потока, м.

Как и прежде  $dt = dl/v$ , тогда

$$d\varepsilon_{31} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot dl. \quad (32)$$

Так как  $dl = r \cdot d\alpha$ , где  $\alpha$  – угол контакта роторов с материалом, рад, то

$$d\varepsilon_{31i} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot r_i \cdot d\alpha_i, \quad (33)$$

где  $i = 1, 2, 3$  – номер рассматриваемого элемента с торфом (1 – диск; 2 – ступица; 3 – вал);  $\alpha_{ky}$  – угол контакта цилиндрической поверхности соответствующего элемента с торфом, рад.

Если рассматривать пространство между двумя валами, то следует считать все углы контакта цилиндрических поверхностей соответствующих элементов равными между собой. Тогда

$$\varepsilon_{31d} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot r_d \cdot \alpha_{ky}, \quad \varepsilon_{31c} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot r_c \cdot \alpha_{ky}, \quad \varepsilon_{31e} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot r_e \cdot \alpha_{ky}. \quad (34)$$

Общая относительная деформация в пристенном слое

$$\varepsilon_{31} = \varepsilon_{31d} + \varepsilon_{31c} + \varepsilon_{31e} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot \alpha_{ky} \cdot (r_d + r_c + r_e). \quad (35)$$

Степень переработки в этом слое

$$\lambda_3 = \sqrt{2} \cdot \varepsilon_{31} = \frac{v - v_{CK}}{\delta \cdot v} \cdot \alpha_{ky} \cdot \sqrt{2} \cdot (r_d + r_c + r_e). \quad (36)$$

Выразим производительность через этот слой

$$\begin{aligned} Q_{\delta} &= \frac{v + v_{CK}}{2} \cdot [z_d \cdot \delta_d \cdot z_e \cdot \delta + z_d \cdot \delta_c \cdot z_e \cdot \delta + z_e \cdot \delta \cdot (b - z_d \cdot \delta_d - z_d \cdot \delta_c)] = \\ &= \frac{v + v_{CK}}{2} \cdot z_e \cdot \delta \cdot [z_d \cdot \delta_d + z_d \cdot \delta_d + z_d \cdot \delta_c + (b - z_d \cdot \delta_d - z_e \cdot \delta_c)] \end{aligned} \quad (37)$$

Теперь можно определить среднее значение степени переработки торфа при его прохождении через перерабатывающий валково-дисковый механизм

$$\lambda_c = \frac{\lambda_1 \cdot Q_1 + \lambda_2 \cdot Q_2 + \lambda_3 \cdot Q_3}{Q}. \quad (38)$$

Выполненный в работе теоретический анализ параметров валково-дискового перерабатывающего устройства произведен с допущением постоянства характеристик перерабатываемого торфяного сырья, неразрывности потока материала через перерабатывающую поверхность и равенства угла контакта на всех поверхностях [11].

Представленная методика может быть применима для расчёта степени переработки торфяного сырья на устройствах, оборудованных валково-дисковой просеивающей поверхностью, что позволит в дальнейшем определить затраты энергии на производство продукции на основе торфа с помощью подобных устройств.

### Список литературы

1. Нагорнов, Д.О. Развитие технологии добычи топливного торфа / Д.О. Нагорнов, Э.А. Кремчеев // «Наука - образованию, производству, экономике» Материалы девятой международной научно-технической конференции в 4 томах, том 1. – Минск, 2011. – С. 366.
2. Селеннов, В.Г., Михайлов, А.В. Торф в малой энергетике // Академия энергетики. – 2009. – № 1 (27). – С. 48–56.
3. Нагорнов, Д.О. Сравнение модульных механизированных комплексов для добычи и первичной переработки торфа / Д.О. Нагорнов, Э.А. Кремчеев, А.В. Михайлов, А.В. Большунов // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 6-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции: ТулГУ. – Тула, 2010. – Т. 1. – С. 131–138.
4. Петров, Ю.О. Интенсификация процесса подготовки торфяного сырья при производстве субстратных торфоблоков (диссертация на соискание ученой степени к.т.н.). – Л., 1987. – 192 с.
5. Павлов, Ю.Н. Совершенствование процесса разделения торфяного сырья на валковых сепараторах подготовительных отделений перерабатывающих предприятий / дис. к.т.н. – 2002. – С. 13–15.
6. Кремчеев, Э.А. Организация транспорта торфа на торфопредприятии «Саккала» с круглогодовой технологией добычи/ Э.А. Кремчеев, Д.О. Нагорнов // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 6-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции: ТулГУ. – Тула, 2010. – Т. 1. – С. 142–150.
7. Пономорёв, И.В. Дробление и грохочение углей. – М.: Недра, 1970. – 367 с.
8. Рего, К.Г. Метрологическая обработка результатов технических измерений. // Справочник. К., Техника. – 1987. – 128 с.
9. Опейко, Ф.А. Торфяные машины. – Минск, Выш. школа, 1968. – 408 с.
10. Нагорнов, Д.О. Степень переработки торфа между дисками валково-дискового перетирателя. / Д.О. Нагорнов, Г.В. Казаченко // Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых, сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Беларуси, доктора технических наук, профессора Кислова Николая Владимировича 17-20 апреля 2012. – Минск, 2012. – С. 266–271.
11. Нагорнов, Д.О. Конструктивные особенности сменного рабочего оборудования торфяной выемочно-погрузочной машины / Д.О. Нагорнов, Э.А. Кремчеев // Записки Горного института. РИЦ СПГУ. – СПб., 2012. – Т. 195. – С. 271–275.

### ASSESSMENT OF THE DEGREE OF PROCESSING OF PEAT RAW MATERIALS IN ROLLER-DISK MANUFACTURING EQUIPMENT

**Naгорнов D.O., Kremcheev E.A., Kazachenko G.V.**

*The article presents the analysis of factors affecting the quality of products produced on the basis of peat raw materials. An overview of the mechanisms currently used in the production of peat products is given. The method of estimation of the degree of peat processing during its passage through the processing roller-disk mechanism, taking into account the assumption of continuity and immutability of the volume of passing raw materials.*

## ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ВЕРХОВЫХ СФАГНОВЫХ БОЛОТ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**Орлов А.С., Зубов И.Н., Селянина С.Б., Забелина С.А.**  
**Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики**  
**им. Н.П. Лаверова Российской академии наук, г. Архангельск, Россия,**  
**e-mail: alseror@yandex.ru**

*В статье представлены результаты комплексных исследований физико-химических, химических и микробиологических параметров торфяной залежи верхового сфагнового болота, сформировавшегося в геоклиматических условиях Европейского Севера России. Экспериментально установлено, что процессы глубокой биогеотрансформации органического вещества протекают как в аэрированном (торфогенном) слое залежи, так в относительно анаэробных условиях зоны консервации, о чем свидетельствует стратиграфическая вариативность показателей окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), химического состава органического вещества и структуры микробиологических сообществ торфа. Подтверждено, что ОВП представляет собой интегральный представительный показатель, который может служить для экспресс-оценки состояния торфяной залежи.*

*Введение.* Болота – сложная развивающаяся саморегулирующаяся экосистема. Основные компоненты болотных экосистем (специфичная флора и фауна, микробиота, торфяные отложения, водная среда) определяют существования друг друга и экосистемы в целом [1]. При этом изменение хотя бы одного из компонентов ведет к существенной трансформации всей системы, а в ряде случаев к смене биоценоза. Одним из основных источников информации о состоянии болот является растительный покров, оценка изменений которого может с большой долей вероятности указывать на происходящие изменения [2].

Внешние стрессовые воздействия могут быть направлены и на другой компонент болотной экосистемы – торфяную залежь, оценка состояния которой, является технически более сложной задачей. Показательны для описания состояния торфяной залежи ее физические, физико-химические, химические и биологические характеристики, однако определение большинства из них являются весьма трудоемкими и требуют проведения продолжительной камеральной обработки. Поэтому подбор методов экспрессной оценки состояния компонентов болотных экосистем является важной экологической задачей.

С этих позиций достаточно показательной характеристикой может служить окислительно-восстановительный потенциал залежи (ОВП). ОВП представляет собой интегральный показатель, отражающий совокупность факторов отвечающих за формирование окислительно-восстановительного режима (содержание кислорода в залежи, состояние почвенных химических окислительно-восстановительных систем и биохимических окислительных и восстановительных процессов) [3, 4]. Информацию об ОВП можно получить непосредственно в ходе полевых исследований путем прямых измерений.

Целью данной работы является изучение особенностей окислительно-восстановительного режима торфяных залежей Европейского Севера на примере торфяников верховых сфагновых болот Архангельской области.

*Методическая часть.* В качестве тестовой площадки выбран Иласский болотный массив в районе болотной станции Брусовица, который является типичным представителем архангельского типа Прибеломорской провинции торфяников. Микроландшафт в зоне выбранной модельной площадки (64°19' N, 40°36' E) представляет собой систему олиготрофных грядово-мочажинных болотных комплексов (50-60 % площади которых занимают гряды) с озерково-мочажинными центральными частями (с многочисленными небольшими мелкими озерами). В растительном покрове доминируют сфагнумы (*Sphagnum magellanicum*, *S. fuscum*, *S. angustifolium*), встречаются кустарнички (клюква, вереск, багульник), пушица, росянка, карликовые березы и редкие угнетенные сосны. Подстилающие породы – суглинки [5]. Мощность торфяной залежи в месте отбора проб составила 3,5 м.

Отбор образцов торфа осуществлялся по визуально отличимым горизонтам залежи с помощью торфяного бура ТБ-5 [5].

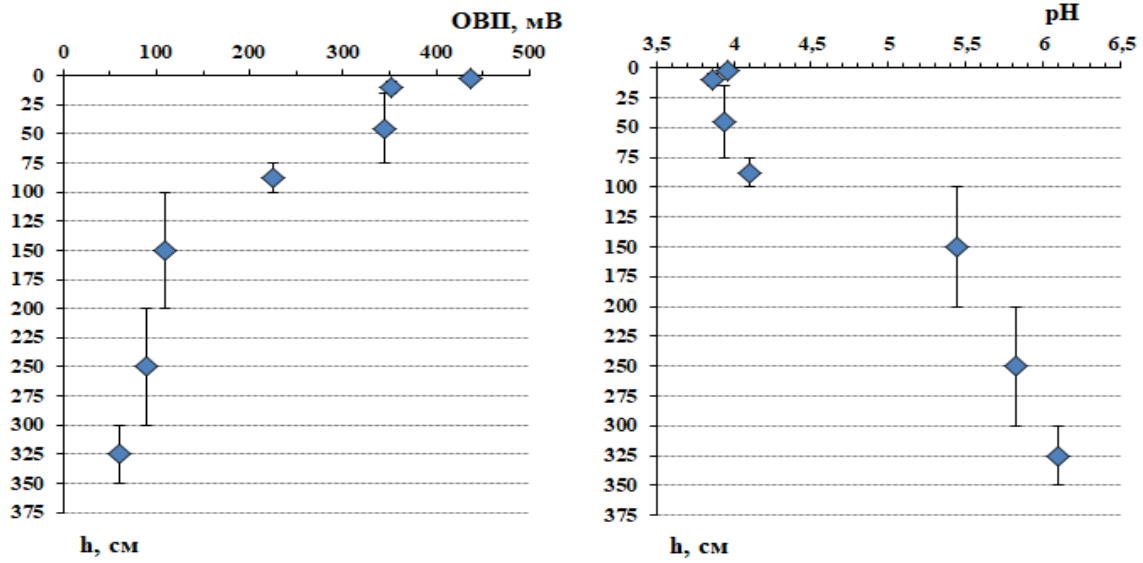
Степень разложения исследуемых образцов торфа определялась микроскопическим методом. Ее значение варьируется в диапазоне 0...30 % и возрастает с глубиной залегания

Содержание гуминовых и фульвовых кислот в торфе определялось согласно [6].

Определение ОВП и рН проводилось непосредственно во время отбора проб торфа методом прямой потенциометрии [3; 4] на универсальном анализаторе жидкостей АНИОН 4100 (Инфраспек-Аналит, Россия) с применением электродной пары из хлоридсеребряного электрода ЭВЛ-1МЗ.1 и платинового электрода ЭВП-1СР для измерения ОВП и комбинированного электрода ЭСК-10603 для измерения рН.

Для учета общей численности аммонифицирующих бактерий, утилизирующих органические формы азота, использовали мясо-пептонный агар (МПА); бактерии, усваивающие минеральные формы азота, учитывали на крахмало-аммиачном агаре (КАА); грибы учитывали на декстрозо-пептонном агаре Сабуро. Посев производили в 3-5 кратной повторности. Численность микроорганизмов, выросших на питательных средах, пересчитывали на 1 грамм абсолютно сухого торфа (а.с.т.) [7].

*Результаты исследования и обсуждение.* Путем определения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) торфяной залежи и кислотности торфяной воды (рис 1 а, б) выявлено ранее не отмечавшееся для других регионов изменение этих показателей как в торфогенном слое, так и в зоне консервации (ниже уровня колебания грунтовых вод), что свидетельствует о протекании биогеотрансформации органического вещества и в этих горизонтах.



а) б)  
 Рисунок 1. Влияние глубины залегания на физико-химические характеристики торфяной залежи: а) - ОВП; б) – кислотность (рН).

Представленные данные ОВП указывают, что по мере движения от поверхности вглубь залежи слабоокислительные условия (400-500 мВ [4]) постепенно сменяются интенсивно восстановительными (< 200 мВ [4]), при этом наблюдается постепенное раскисление торфа, о чем свидетельствует увеличение показателя рН.

Совместное протекание разнонаправленных деструкционных и конденсационных окислительных процессов – гумификации и минерализации как в аэробной, так и в анаэробной части торфяной залежи подтверждается данными о групповом химическом составе торфа, а в частности гумусовых веществ. При этом наблюдается перераспределения групп компонентов гумусовой природы в составе органической массы торфа с глубиной залегания (рис. 2).

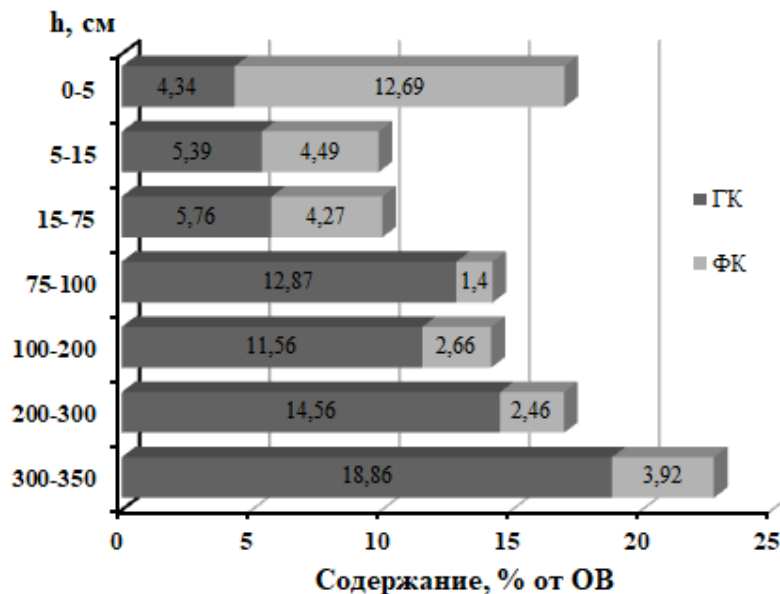




Рисунок 2. Влияние глубины залегания на содержание и состав гуминовых веществ.

Эти выводы подтверждены также и микробиологическими исследованиями, которые указывают на присутствие высокой микробиологической активности, как на поверхности, так и в глубинных слоях торфяной залежи.

Численность микроорганизмов в торфе варьировалась в широких пределах. Численность бактерий, усваивающих органические и минеральные формы азота в торфяной залежи изменялась в широких пределах – от 5 тыс. до 100 млн. КОЕ/г а.с.т. и от 10 тыс. до 170 тыс. КОЕ/г а.с.т. соответственно (рис. 3).

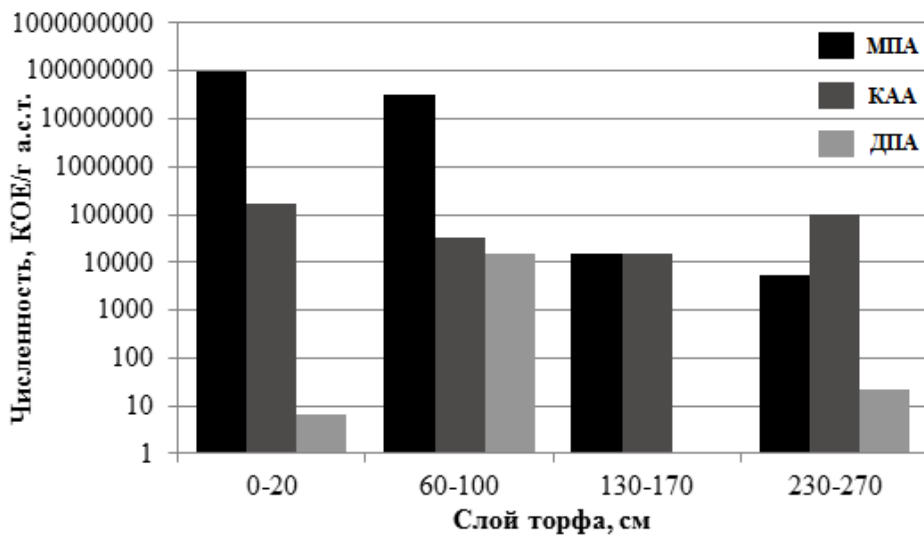


Рисунок 3. Влияние глубины залегания на структуру и численность микробных сообществ.

Наиболее многочисленными группами являются аммонификаторы (на МПА), минерализующие органические азотсодержащие вещества. Численность аммонификаторов превышает численность бактерий на КАА в слоях до 100 см – в 590-900 раз, что свидетельствует о преобладании процессов разложения органического азота (т.е. разложении отмерших остатков растений) в слоях торфа до 100 см. В верхнем слое торфяника (0-20 см), имеющего более благоприятный температурный и водно-воздушный режим, численность аммонификаторов максимальна. Далее, с глубиной, к горизонту 60-100 см, она снижается в 3 раза. К горизонту 230-270 см численность аммонификаторов снижается на 5 порядков. Численность дрожжеподобных грибов на декстрозо-пептонном агаре Сабуро составляет 22 КОЕ/г а.с.т.

Тот факт, что в слое торфа до 100 см преобладают аммонификаторы, в слое 130-170 см численности бактерий, усваивающих органический и минеральный азот, одного порядка, а в

слое 230-270 см численность бактерий, усваивающих минеральный азот превышает численность аммонификаторов в 18 раз, свидетельствует об изменении направленности процессов трансформации форм азота и усилении с глубиной интенсивности процессов трансформации минеральных форм азота, что, по-видимому, связано с стратиграфической изменчивостью окислительно-восстановительного режима в залежи.

*Заключение.* Таким образом, процессы глубокой биогеотрансформации органического вещества торфа протекают как в аэрированном торфогенном слое залежи, так в относительно анаэробных условиях зоны консервации, о чем свидетельствует стратиграфическая изменчивость показателя ОВП, химического состава и структуры микробиологических сообществ торфа. При этом, ОВП представляет собой интегральный представительный показатель, который может служить для экспресс-оценки состояния торфяной залежи.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке ФАНО России за счет средств субсидий на выполнение гос. задания № гос. регистрации проекта № АААА-А18-118012390224-1.*

### Список литературы

1. Кузнецов, О.Л. Основные методы изучения структуры, динамики и разнообразия болотных экосистем // Материалы конференции «IX Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 5 – 7 февраля 2018 г.) / под ред. д.б.н. Т.К. Юрковской. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 109–112.
2. Юрковская, Т.К. Болота Архангельской области: ботанико-географические особенности и динамическое состояние // Материалы конференции «IX Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 5 – 7 февраля 2018 г.) / под ред. д.б.н. Т.К. Юрковской. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 243–246.
3. Лиштван, И.И. Физика и химия торфа: Учеб. пособие для вузов / И.И. Лиштван [и др.] – М.: Недра, 1989. – 304 с.
4. Орлов, Д.С. Химия почв: Учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высш. шк., 2005. – 558 с.
5. Селянина С.Б., Труфанова М.В., Ярыгина О.Н., Орлов А.С., Пономарева Т.И., Титова К.В., Зубов И.Н. Особенности биотрансформации органических веществ в условиях болотных экосистем Севера (на примере Иласского болотного массива) // Труды Института биологии внутренних вод РАН. – 2017. – № 79 (82). – С. 200–206.
6. Пономарева, Т.И., Селянина, С.Б., Парфенова, Л.Н., Ярыгина, О.Н., Труфанова, М.В., Пироговская, Г.В., Соколова, Т.В. К вопросу об анализе органического вещества торфа, сформированного в условиях западного сегмента Российской Арктики // Сб. науч. тр. Архангельского центра РГО. Вып. 3. – Архангельск, 2015. – С. 287–291.
7. Зубов, И.Н., Ярыгина, О.Н., Селянина, С.Б., Орлов, А.С., Труфанова, М.В. Влияние осушения на состав и структуру торфяной залежи // Материалы конференции «IX Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 5 – 7 февраля 2018 г.) / под ред. д.б.н. Т.К. Юрковской. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 68–70.

### REDUCTIVE-OXIDATIVE BEHAVIOR OF SPHAGNUM HIGH-MOOR BOG PEAT DEPOSIT IN ARKHANGELSK REGION

**Orlov A.S., Zubov I.N., Selyanina S.B., Zabelina S.A.**

*The results of integrated researches of physico-chemical, chemical and microbiological parameters of the peat deposit of sphagnum high-moor bog which formed in European North of Russia geo-climatic conditions were presented in this article. It was experimentally proved that processes of drastic biogeochemical transformation of peat organic matter run not only in aerated (peat-forming) layer but also under anaerobic conditions of conservation zone. It was confirmed by stratigraphical variety of values of oxidation-reduction potential (ORP), chemical composition of organic matter and microbiological community structure of peat. It was showed that ORP is integral indicator which is meant to be the instrument of rapidly estimation of peat deposit condition.*

## СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРОКАРИОТНЫХ СООБЩЕСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ РЕКИ ЯХРОМА

Поздняков Л.А.<sup>1,2</sup>, Кузюбердина Д.А.<sup>1</sup>, Дуброва М.С.<sup>2</sup>, Позднякова А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва, Россия, e-mail: APL-223@mail.ru

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, пос. Эммаусс, Тверская область, Россия

*Проведено исследование структуры метаболически активных прокариотных сообществ пахотного горизонта почв долины реки Яхрома, осушенных более 100 лет назад. Среди бактерий в притеррасной части долины преобладают Gammaproteobacteria, в центральной – Gamma- и Betaproteobacteria, а в прирусловой – Acidobacteria и Alphaproteobacteria. Для архей при движении от притеррасной части к прирусловой показана смена доминирования Thaumarchaeota на Euryarchaeota. Высокая доля Gammaproteobacteria может быть связана с развитием метанотрофов, а Thaumarchaeota и Betaproteobacteria – нитрификаторов. В целом бактерии достигают наибольшей численности в почвах с высоким содержанием Сорг, особенно под лесной растительностью. Также под лесной растительностью наиболее высока и численность архей.*

*Введение.* Изучение и освоение торфяных ресурсов долины реки Яхрома началось на рубеже XX века. В первые годы столетия проводилась как локальная разведка и добыча торфа, так и охватывающие всю долину геоботанические исследования. В 1906 году были заложены первые осушительные каналы на территории современного участка «Ближний» Дмитровского отдела ВНИИМЗ [1]. В 1919 году здесь было создано Яхромское болотное опытное поле (впоследствии МОБОС, затем – ЦТБОС), на территории которого развернулась работа по изучению торфяных отложений, агрохимических свойств торфяных почв и методов их использования в сельском хозяйстве. В 1964-1965 годах мелиоративная сеть на участке усовершенствована, проложен существующий ныне закрытый дренаж.

Хотя в архивах ВНИИМЗ сохранились обширные материалы, посвященные изучению самых разных свойств почвенного покрова участка «Ближний», микробиологическим исследованиям в них уделено сравнительно мало внимания. Отчасти это объясняется общим состоянием микробиологии торфов. В первых же работах ЦТБОС по этой теме отмечается наличие лишь разрозненных исследований, касающихся только какого-нибудь одного вида торфа и носящих пионерный характер [2]. Микробиологическое обследование почв участка «Ближний» началось только в 1960-е годы, когда они были уже значительный период времени осушены, и их исходное микробное население было замещено.

Расположенный к северо-западу участок «Дальний» был полностью осушен именно в это время, и микробиологам ЦТБОС удалось проследить изменения, происходящие в первые десятилетия после осушения. Исходно осушенные торфяные почвы отличались высоким разнообразием микроорганизмов. Содержание актиномицетов было невелико; среди них

фиксировалось обилие пигментных форм – это больше характерно для видов, обитающих на поверхности растений и случайно попавших в почву. Напротив, через 20 лет после осушения актиномицеты доминировали в микробных сообществах, составляя до 80 % численности. Прочие группы микроорганизмов снижали свою численность или вовсе исчезали [3]. Связывалось это, прежде всего, с исчерпанием запасов легкодоступной органики в ходе минерализации торфа. Значительная роль актиномицетов, их высокая численность и разнообразие, по всей видимости, сохраняется и на более поздних сроках освоения [4].

Впоследствии на ЦТБОС, реорганизованном в Дмитровский отдел ВНИИМЗ, микробиологами в основном решались частные задачи, а наблюдений за долговременным изменением почвенных микробных сообществ больше не проводилось. Но уже полученные выводы нельзя считать исчерпывающими, поскольку они касаются лишь первых десятилетий существования торфяных почв в осушенном состоянии. Кроме того, они были получены в основном классическими методами посева на твердые питательные среды, которые, как известно, позволяют охарактеризовать лишь небольшую долю культивируемых организмов. В связи с этим целью нашей работы было исследовать микробные сообщества осушенных более 100 лет назад торфяных и торфяно-минеральных почв долины реки Яхромы современными молекулярно-биологическими методами.

*Объекты и методы.* Река Яхрома, принадлежащая бассейну Волги, является правым притоком реки Сестры, впадающей в р. Дубну. Яхрома берет свой исток на склонах Клинско-Дмитровской гряды. К северо-западу от г. Дмитрова река попадает в обширную древнюю заторфованную озерную котловину с мощностью торфяной залежи до 14 метров. Ширина ее достигает 8 км, а протяженность – 41 км. Хотя эту часть долины принято называть «Яхромской поймой», река не принимала участия в ее заболачивании и, напротив, оказывает дренирующий эффект. Истинной причиной заболачивания являются грунтовые воды, выклинивающиеся на краях долины – из-за чего они и после осушения являются наиболее влажными ее местами.

В целом долину можно разделить на три части. Притеррасная часть сложена травяными и осоково-гипновыми торфами с прослойками делювия и включениями железа и карбонатов, принесенных грунтовыми водами. В центральной части преобладают мощные древесные торфа, наиболее богатые органическим веществом. В прирусловой части торф в значительной степени перемешан с аллювием и имеет наиболее кислую реакцию.

Стационар «Ближний» охватывает все три части долины, которая здесь еще достаточно узкая. Его площадь составляет около 1 км<sup>2</sup>, и здесь помимо сельскохозяйственных угодий, расположенных преимущественно в прирусловой и центральной частях, имеются участки с естественной лесной растительностью, никогда не распаханные; залежные участки, частично заросшие лесом в центральной части долины; а также участки с нарушенным в ходе земляных

работ почвенным покровом. Всего нами было исследовано 23 точки, равномерно распределенных по площади стационара и охватывающих все указанные участки. Образцы отбирались из пахотного горизонта с GPS-привязкой, что позволило построить картограммы распределения численности прокариот в программе Surfer 6.0.

Во всех точках была исследована численность бактерий и архей методом FISH, после чего в 5 ключевых точках была изучена структура прокариотных сообществ на уровне типов и классов (для протеобактерий).

Метод FISH – флюоресцентной *in situ* гибридизации – основан на специфическом связывании специально сконструированного олигонуклеотидного зонда, несущего флюоресцентную метку, с участком 16s рРНК, специфичным для определенной таксономической группы микроорганизмов. Численность представителей данной группы в дальнейшем подсчитывается на люминисцентном микроскопе. Использовалась методика, разработанная на кафедре биологии почв факультета почвоведения МГУ и зонды, специфичные для наиболее распространенных групп почвенных прокариот [5].

*Результаты и обсуждение.* Общая численность представителей домена Bacteria снижается при движении от притеррасной и центральной части поймы к прирусловой, что связано со снижением содержания органического вещества в почве и увеличением кислотности. Максимумы численности бактерий достигаются на участках, расположенных под лесной растительностью (рис. 1а).

Максимальная численность представителей домена Archaea отмечена в центральной части поймы на мощных древесных торфах и под лесной растительностью. В отличие от бактерий, в притеррасной части их численность снижается, но на участке под заповедным лесом существует еще один локальный максимум. Свой локальный максимум обнаруживается и в прирусловой части (рис. 1б) – в распаханых аллювиально-торфяных почвах, таким образом, также могут создаваться благоприятные условия для развития архей.

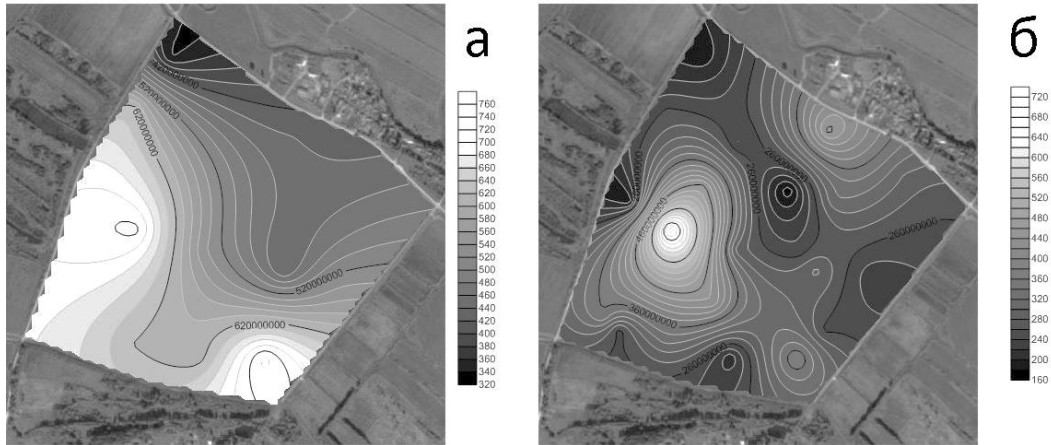


Рисунок 1. Распределение общей численности а) бактерий; б) архей в пахотном горизонте участка «Ближний» (млн. клеток/г почвы).

Состав домена Archaea в притеррасной части поймы отличается доминированием Thaumarchaeota (45-50 %), в особенности в точке с удаленным в ходе земляных работ верхним почвенным горизонтом (до 90 %). Предшествующими нашими исследованиями показано, что в притеррасной части поймы своих максимальных значений достигает активность азотфиксаторов. Однако азот здесь накапливается преимущественно в нитратной форме. Известно, что все культивируемые представители филума Thaumarchaeota способны к нитрификации, а гены относящегося к археям гомолога бактериальной аммоний монооксигеназы (*amoA*) имеют большое распространение в почвах и природных водах [6]. Мы предполагаем в связи с этим, что высокую численность данной группы можно связать с интенсивным преобразованием фиксируемого диазотрофами азота в нитратную форму.

В притеррасной части поймы нами была выявлена также максимальная активность метанообразования. Однако, хотя все известные метаногены относятся к типу Euryarchaeota, его представители численно не преобладают в данных почвах, составляя около 30 % от численности архей. Но с другой стороны, интенсивное образование метана в переувлажненных почвах притеррасной части поймы может вызывать интенсивное развитие метанотрофов. Метанотрофы относятся преимущественно к классам гамма- и альфа-протеобактерий [7], поэтому именно развитием метанотрофов мы можем объяснить преобладание Gammaproteobacteria в почвах притеррасного участка (20-35 %).

Доля Gammaproteobacteria в центральной части поймы закономерно снижается до 15-20 %, но с 10 до 20 % возрастает доля Betaproteobacteria. Доля Thaumarchaeota также снижается в центральной части поймы до 25-33 %. Однако в исследованных нами точках наблюдался второй максимум содержания нитратов – при том, что одна из них находится под лесной растительностью и удобрения туда не вносились уже более 10 лет. Поскольку мы связываем накопление нитратов с таумархеотами, мы можем предположить, что их функции

в центральной части поймы выполняют другие организмы. Ими могут быть как раз Betaproteobacteria, к которым относятся большинство известных нитрификаторов родов *Nitrosomonas*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus* и *Nitrosovibrio* [8].

В прирусловой части поймы, несмотря на низкую активность метаногенеза, обнаружена максимальная доля Euryarchaeota (40-50 %). По всей видимости, метаногены занимают среди них незначительную часть.

Так как прирусловая часть представлена аллювиально-торфяными почвами, минеральная часть в которых преобладает над органической, доля и численность таких типов как Firmicutes, Actinobacteria и Bacteroidetes, среди которых большое значение имеют гидролитики, снижается. Преобладающими группами среди бактерий здесь становятся Acidobacteria (15-20 %) и Alphaproteobacteria (15 %).

*Заключение.* Высокая численность бактерий на территории участка «Ближний» связана с высоким содержанием органического вещества в почве, при этом локальные максимумы численности как бактерий, так и архей обусловлены развитием лесной растительности.

На территориях, где предыдущими исследованиями была установлена высокая активность метанообразования, а также высокое содержание азота в нитратной форме выявлена высокая доля соответственно Gammaproteobacteria, а также Thaumarchaeota и Betaproteobacteria. Мы предполагаем, что данные группы микроорганизмов осуществляют здесь процессы поглощения метана и нитрификации соответственно. При этом наибольшее развитие Thaumarchaeota получают в притеррасной части поймы, наиболее влажной и с pH близким к нейтральному. Резким доминированием представителей типа Thaumarchaeota отличалась точка со снятым верхним деятельным слоем почвы. На данном этапе исследований можно предположить, что эти организмы либо доминируют в нижних, переувлажненных горизонтах торфяных почв, либо интенсивно развиваются в первый год после их выхода на поверхность.

Численность и доля таких филогенетических групп как Firmicutes, Actinobacteria и Bacteroidetes снижается в прирусловой части поймы по сравнению с центральной и притеррасной частью, что связано с низким содержанием органического вещества. В отличие от культуральных методов, метод FISH не продемонстрировал доминирования в старопахотных торфяных почвах актиномицетов, что связано с селективностью методов обнаружения, основанных на посеве, а также с обилием в почве некультивируемых и трудно культивируемых микроорганизмов.



## Список литературы

1. Петров, И.П. Болота долины Яхромы. – М.: Издание Дмитровского уездного земства, 1912. – 320 с.
2. Мительберг, С.И. Микробиологическая характеристика основных видов торфа / Труды Центральной торфоболотной опытной станции (ЦТБОС). Т. 1. / Отв. ред. Горшков Л.А. – М.: Изд-во Мин. сель. хоз. РСФСР, 1960. – С. 150–157.
3. Кузьмина, И.В., Михеева, Т.В. Действие макро- и микроудобрений на биологическую активность перегнойно-торфяной почвы // Сб. н. тр. ЦТБОС «Проблемы с/х использования торфяных месторождений». – 1984. – № 6. – С. 191–199.
4. Рабинович, Г.Ю., Поздняков, Л.А., Дуброва, М.С. Деграционные процессы в осушенных низинных торфяных почвах Яхромской поймы при длительном сельскохозяйственном использовании / Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения». Тверь: Изд-во ВНИИА, 2016. – С. 239–243.
5. Манучарова, Н.А. Идентификация метаболически активных клеток прокариот в почвах с применением молекулярно-биологического флюоресцентно-микроскопического метода анализа fluorescence in situ hybridisation (FISH). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 24 с.
6. Tourna, M., Stieglmeier, M., Spang, A. [et al.] Nitrososphaera viennensis, an ammonia oxidizing archaeon from soil // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2011. DOI: 108(20): 8420-5.
7. Гальченко, В.Ф. Метанотрофные бактерии. – М.: ГЕОС, 2001. – 500 с.
8. Purkhold, U., Pommerening-Röser, A., Juretschko, S. [et al.] Phylogeny of all recognized species of ammonia oxidizers based on comparative 16S rRNA and amoA sequence analysis: Implications for molecular diversity surveys // Appl. Environ. Microbiol. – 2000. DOI: 66(12): 5368-5382.

### STRUCTURE AND FUNCTIONING OF PROKARYOTIC COMMUNITIES IN DRAINED PEAT SOILS OF YAKHROMA VALLEY

**Pozdnyakov L.A., Kyzuberdina D.A., Dubrova M.S., Pozdnyakov A.D.**

*The structure of metabolically active prokaryotic communities in arable horizon of 100 years ago drained soils was investigated in Yakhroma valley. Gammaproteobacteria were dominated among all Bacteria at the margins of valley, Gamma- and Betaproteobacteria - at the central plains, Acidobacteria and Alphaproteobacteria – near the river. Also it was demonstrated for Archaea domain the change of domination from Thaumarchaeota at the margins of valley to Euryarchaeota near the river. The high percentage of Gammaproteobacteria may be caused by methanotrophs upgrowth, Thaumarchaeota and Betaproteobacteria may be linked to nitrifiers similarly. Bacteria are most abundant in soils with high organic carbon content, especially under forest vegetation. Under forest vegetation Archaea are also have highest numbers.*

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ И ПУТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕ НИХ

**Позднякова А.Д., Бородкина Р.А., Михеева Т.В.  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», г. Тверь, Россия, e-mail: antdanpozd@list.ru**

*В работе приводятся приемы и методы определения токсичности торфяных почв после пожаров и способы их реабилитации для последующего сельскохозяйственного использования. Выяснено, что при восстановлении пироженного торфа внесение органических удобрений, таких как навоз и торфо-навозный компост (ТНК), является одним из главных положительных факторов.*

*Введение.* После проведения осушительных мероприятий и постройки сети осушительных каналов, нарушается экологический, сложившийся в течение тысячелетий, баланс территории. Меняется мезоклимат территории, состав флоры и фауны, скорость и направление почвообразовательных процессов в торфяных почвах, режим влагообеспечения верхнего пахотного слоя и т.д.

Экологическое состояние территорий с торфяными почвами напрямую зависит от качества работы мелиоративных систем. Сбои в их работе, приводящие к переосушению верхнего торфяного слоя, могут привести и приводят к возникновению очагов возгорания торфяных слоев разной локализации из-за неосторожного, а иногда и умышленного поджога торфяного слоя.

В районах распространения горящих торфяников, к которым относится и Подмосковье, по причине специфики горения и трудностей тушения массивов торфяных почв, площади выгоревших торфяников занимают внутри сельскохозяйственных полей участки различных размеров - от десятков квадратных метров до нескольких гектаров.

Площади пироженных торфяных почв увеличиваются из года в год и выпадают из сельскохозяйственного оборота. Торф при высоких температурах возгорания плавится в однородную массу, которая вспучивается и обугливается. Эта зола может залегать на остаточном торфяном слое мощных торфяников, либо торфяные слои могут выгореть до подстилающих пород.

Несомненно, для восстановления и вовлечения этих почв в сельскохозяйственное производство нужны кардинальные меры. На наш взгляд может быть несколько путей: восстановление горелых слоев в пределах поля или разработка полностью сгоревших участков для использования золы на минеральные удобрения. В любом случае должны быть учтены все положительные подходы к рекультивации и приняты во внимание для применения на практике.

*Объекты и методы исследования.* Исследования проводились на участках после торфяного пожара на территории Яхромской долины (поймы), Московская область, Дмитровский район. В качестве контроля взят торф центральной части поймы в непосредственной близости от выгоревшего массива.

Проводился отбор образцов почвы, воды и донных отложений в каналах мелиоративной сети для определения некоторых биологических и химических свойств почв, как в почве, так и в прилегающих компонентах мелиоративной системы.

Уровень биологической активности торфа оценивали по площади изменения покрытия фотопластины при ее закладке в сосуды с торфом не нарушенным и пироженным. Уровень биологической активности оценивали по площади изменения покрытия пластины в условиях лабораторного опыта. Одновременно был поставлен лабораторный опыт с проростками пшеницы для установления степени токсичности этих почв.

Проводился также анализ токсичности почв на приборе «Биотокс», понимая под токсичностью степень проявления вредного действия разнообразных химических соединений и их смесей. С помощью прибора «Биотокс» можно количественно оценивать интегральную химическую токсичность почв, воды и донных отложений с использованием в качестве тест-объекта препараты лиофилизированных бактерий «Эколюм». Индекс токсичности, определяемый этим методом, предполагает следующие градации: мене 20 – допустимая степень токсичности, от 20 до 50 – токсичный, более 50 – образец сильно токсичен.

Эколого-биологическая оценка эффективности органических удобрений на пироженных торфяниках исследовалась в модельных опытах (контролируемые условия влажности, температуры). Пироженный торф (зола) и органические субстраты тщательно смешивались в соотношении 1:1 по объему. Используются следующие субстраты в опытах:

- Зола+ торф целинный (хорошо обогащенный свежей органикой)
- Зола+ навоз
- Зола+торфо-навозный компост (ТНК) с бобово-злаковой смесью

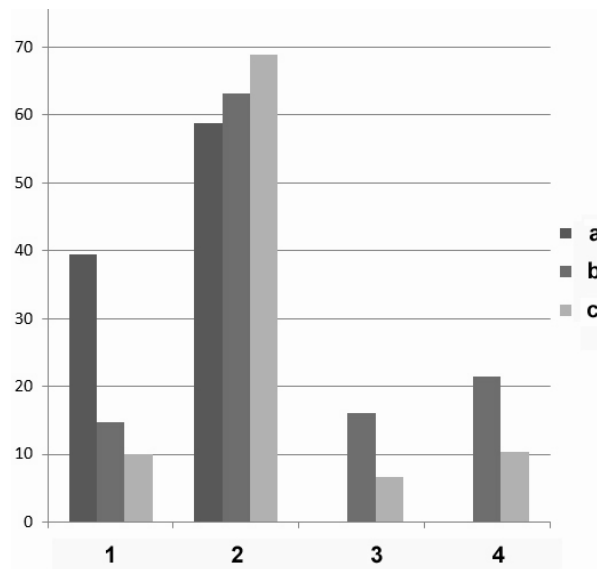
*Результаты исследований и их обсуждение.* Анализ уровня биологической активности показал значимое снижение количества микробиоты на участках с пироженными торфяниками. Так, площадь покрытия пластины, которая изменилась под воздействием микробиоты на пироженных торфяниках, была 10 %, на древесно-разнотравных торфяниках центральной части поймы – 70 %, на целинном участке с древесно-осоковым торфом – 90 %. Низкая биологическая активности на участке пирогенеза связана с медленным восстановлением этого участка после пожара и первичном зарастании поврежденного участка рудеральными видами растительности.

Замеры длины стеблей и корней проростков на разных торфяниках показали ту же закономерность. Это показывает, что токсичность почв для семян пшеницы, выращиваемых на разных торфах различна (табл. 1).

Таблица 1. Влияние токсичности на рост пшеницы (лабораторный опыт)

Точки отбора почвы	Средняя высота стебля, см	Средняя длина корня, см
Целинный участок	10,5	15,6
Центральная часть поймы	8,5	13,8
Пирогенные торфяники	6,2	10,7

Анализ образцов торфяных почв, воды и донных отложений каналов мелиоративной сети так же показал высокую токсичность пирогенных торфяников и миграцию токсикантов из выгоревших торфяников в воду и донные отложения мелиоративной сети. Дренажные воды и донные отложения на участке пирогелиза показывают высокую токсичность, в каналах мелиоративной системы были на допустимом уровне, а в реке Яхроме, токсичность воды превысила допустимый уровень (рис.).



1 - центральная часть поймы, 2 - пирогенные торфяники, 3 - магистральный канал, 4 - река Яхрома

Рисунок. Интегральная токсичность торфяной почвы (а), дренажных вод (b) и донных отложений (с).

Как выяснилось, органические удобрения положительно влияют на биологическую активность пирогенного торфа. Используются в качестве удобрений навоз и торфо-навозный компост (ТНК) в дозах 80-100 т/га. Для создания однородной массы золу и органику тщательно перемешивали, но более однородной была все-таки зола с ТНК (туда добавляли для более полного насыщения лабильной органикой бобово-злаковую смесь). На примере этих субстратов показана значимость в стимулировании биологической активности золы. Заметно сильное положительное влияние этих удобрений на биологическую активность и рост растений (табл. 2). В 4-10 раз активизируется каталаза, в 10-20 раз протеазная активность

(аммонификаторы); в наибольшей степени эффект достигается целлюлозной биоты. Благоприятный питательный режим складывается для роста растений, стимулирующий эффект органики составляет 84-127 %. Таким образом, в освоении пирогенного торфа органические удобрения – один из главных положительных факторов.

Таблица 2. Эколого-биологическая оценка эффективности органических удобрений на пирогенных торфяниках

Пирогенный торф 3-летней давности	Пирогенный торф 8-летней давности	Пирогенный торф с субстратами*		
		Торф с растительными остатками (целинный)	Навоз, 80-100 т/га	ТНК, 80-100 т/га с сидератом
Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Варианты 4-5	Варианты 6-7
Каталаза, мл О <sub>2</sub> /г.с.п./мин				
0,34	0,94	3,11	4,28-5,1	5,0-5,2
Протеаза, % разложения желатинового слоя фотопластинок				
4-5	35-40	50-60	80-90	75-85
Клетчатка, % обрастания фильтровальной бумаги, интенсивность/пигментация (видовое разнообразие)				
нет	25 желто-зеленая	90 интенсивно ярко зеленая	90-95 интенсивно черная разная	90-95 интенсивно черная разная
Рост биотеста (пшеница, росток/корень в см, % подавления (-) или стимуляции (+))**				
0,55/0,43	11,4/6,6	20,6/13,7	22,5/15,0	22,2/13,7
-93/-90	+38/+47	+84/+107	+97/+127	+95/+107

Примечание:

\* - представлены данные по действию 100 т/га навоза и ТНК, т.к. они близки влиянию дозы 80 т/га.

\*\* - отклонение в развитии биотеста в сравнении с контролем на воде, остальные от пирогенного зарастающего торфа (вариант 2), т.к. на варианте 1 практически полное подавление.

**Заключение.** Проведенная оценка экологического состояния почв, дренажных вод и донных отложений мелиоративных каналов, воды магистрального канала и реки Яхромы после торфяных пожаров позволило выявить следующее:

- ✓ уничтожены флора и фауна торфяных почв, в том числе и микробиота, что привело к резкому снижению их биологической активности;
- ✓ произошло увеличение токсичности торфяных почв агроценозов и увеличение токсичности во всех компонентах мелиоративной системы после пожаров торфяных почв;
- ✓ в восстановлении пирогенного торфа органические удобрения – один из главных положительных факторов.

## ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF PEAT FIRES AND WAYS OF ECOSYSTEM RECOVERY AFTER THEM

**Pozdnyakova A.D., Borodkina R.A., Miheeva T.V.**

*This work presents methods for determining the toxicity of peat soils after fires and ways of their rehabilitation for subsequent agricultural use. It was found that for reclamation of organic pyrogenic peat the introduction of organic fertilizers, such as manure and peat-manure compost (TNC), is one of the main positive factors.*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТОРФЯНОЙ ТЕМАТИКЕ В ТОМСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ПЕДАГОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

**Порохина Е.В., Сергеева М.А., Фомичев Е.Е., Дырин В.А., Аристархова В.Е.**  
**Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия,**  
**e-mail: agroecol@mail.ru**

*В работе описано история становления и развития торфяной тематики на биолого-химическом факультете Томского государственного педагогического университета.*

Первые работы по исследованию торфа на кафедре ботанике ТГПУ были посвящены использованию торфа в сельском хозяйстве и начаты в 1961 году под руководством Георгия Николаевича Блинкова. В этот период на кафедре занимались как фундаментальными исследованиями (характеристика торфяных болот, свойства торфов и торфяных залежей), так и прикладными (технологии приготовления торфяных компостов, торфо-минеральных удобрений, использование торфяных карьеров под сельскохозяйственные угодья).

Не можем не сказать несколько слов об инициаторе исследований - нашем Учителе. Профессор, доктор биологических наук Георгий Николаевич Блинков родился в д. Голочовке Могилевской губернии 6 мая 1897 г. В 1908 г. семья Блинковых переехала в Сибирь, и вся последующая жизнь Георгия Николаевича была связана с этой частью России. В 1931 году он окончил Томский педагогический институт, в котором проработал всю жизнь. Занимаясь первоначально проблемой биологической фиксации молекулярного азота, он постепенно расширил круг своих интересов и стал работать вместе со своими учениками уже по новому направлению – торф и его использование в сельском хозяйстве. Обратило внимание на это направление побудило то обстоятельство, что торфяные болота Томской области в то далекое время изучались недостаточно и еще хуже осваивались. Исследовались болота в разных районах области, но особое внимание уделялось торфяному болоту Таган, на котором по инициативе кафедры ботаники Томского педагогического института во главе с Г.Н. Блинковым с 1964 г. начали добывать торф для приготовления удобрений и использования в качестве субстрата в парниках и теплицах. Потребовалось проведение опытов с торфом. Именно с этой целью и для работы со студентами профессором была организована агробиостанция с садом, теплицей и парниками, площадью около 26 га.

Под руководством профессора формируется научная Школа – защищают один за другим кандидатские диссертации его ученики. По результатам исследований были защищены кандидатские диссертации: А.Ф. Боровковой (Торф, его агрохимические свойства и использование на удобрение, 1967), В.Е. Аристарховой (О торфяных удобрениях и их использовании в комплексе с другими удобрениями, 1969), М.М. Рачковской (Об

использовании торфа в качестве субстрата в теплицах и парниках, 1969), В.А. Дыриным (О биологической активности низинных торфяников Томской области, 1978).

В 1975 году вышла книга Г.Н. Блинкова «Торфяники и их использование в сельском хозяйстве», где были обобщены многолетние работы кафедры. В своей работе он пишет, что многие исследователи не нашли в торфе азотобактера. Однако, согласно своим исследованиям, он констатирует, что азотобактер распространен в торфе повсеместно и даже в верховом. Вместе с учениками им были впервые изучены свойства торфов.

На основе исследований кафедры ботаники были разработаны практические рекомендации по комплексному использованию торфяников Томской области в сельском хозяйстве, что положило начало их освоению, начиная с 1964 г. За указанные работы проф. Г.Н. Блинкову был вручен Диплом 1 степени лауреата областной премии. Кратко о профессоре можно сказать так: очень трудолюбив, способен, предан науке, энергичен, требователен к себе и другим и одновременно – чуток и отзывчив к людям. Таким его помнят ученики – сотрудники кафедры ботаники, которую Георгий Николаевич долгое время возглавлял.

В дальнейшем участниками торфяной тематики на кафедре особое внимание стало уделяться стационарным исследованиям, результаты которых позволили разработать параметры мелиорации торфяных болот, приемы их сельскохозяйственного освоения и технологии использования, и в целом направления рационального их использования на территории Западной Сибири.

В 1997 г. в ТГПУ была организована Лаборатория агроэкологии с целью дальнейшего развития направления по рациональному использованию торфяных ресурсов. Подробно о работе Лаборатории за 10 и далее за 15 лет (с 1997 по 2012 гг.) описано в Материалах 6 и 7-ой Школ «Болота и биосфера» [1, 2]. Поэтому остановимся на работе в настоящее время, начиная с 2013 г. В 2017 году Лаборатории исполнилось 20 лет. За эту пятилетку, при общем снижении научного энтузиазма во всем научном обществе России, в связи с разными реформами и в образовании, и в науке, мы продержались, почти сохранив свой потенциал научный, но вот людской, в особенности аспирантский, существенно снизился. Этому не благоприятствовало и отсутствие материальной поддержки в виде грантов. С 2014 года пришлось прекратить все работы на стационарах Васюганье, Таган и Горный Алтай. На некоторых опорных пунктах оставались только датчики температуры. И в этом же году открыли стационар на болоте Газопроводное и провели изыскания на болоте Карбышевское с надеждой на будущий стационар. Все они располагаются в Томском районе, что позволяет работать в течение всего светового дня. И как обычно, на новых стационарах были проведены исследования свойств торфов. Стационар на Газопроводном болоте полностью обустроен для проведения полного комплекса исследований. С другой стороны, снижение нашей экспедиционной и

аналитической активности позволило с 2017 года приступить к обобщению полученных результатов, но, к сожалению, также малыми силами.

Итак, что было достигнуто. Приоритетной в этот период была заявленная ранее тема - функционирование болотных экосистем, их мониторинг, биохимические процессы образования парниковых газов в болотах Сибири (№ 5.1161.2011 по заданию Минобрнауки). В дальнейшем эта тема была продолжена в следующей формулировке: исследование процессов торфогенеза и деструкции торфов в гидроморфных экосистемах Сибири и их влияние на формирование химического состава поверхностных вод (№ 174).

За время работы над этими темами РФФИ выделило нам 2 гранта. Их получили молодые ученые Сергеева М.А. и Смирнов О.Н. Кроме того, были получены 2 гранта на изучение газового, температурного, гидрологического и биохимического режимов в торфяно-болотных экосистемах в определенных погодных условиях. Были изучены биологические параметры в торфяных залежах естественных болот, выявлена динамика вертикальной скорости торфонакопления, что послужило основой для составления (обоснования) прогноза естественного развития болот на этой территории. Торфяные залежи изучались и с позиций состояния их микробоценозов. В результате выявлены закономерности динамики микробных сообществ в торфяно-болотных экосистемах, а также установлены связи между свойствами, режимами болот и активностью в них биохимических процессов, что послужило тезисом об отсутствии “стерильности” нижних слоев торфяной залежи и дополнительным доказательством целесообразности включения в объем понятия «торфяная почва» всей толщи торфяной залежи - независимо от ее мощности.

Большое внимание в этот период было уделено микробиологическим и энзимологическим процессам в торфяных болотах разного генезиса, что позволило нашим молодым ученым - доцентам Е.В. Порохиной и М.А. Сергеевой выступить с интересными работами в научных журналах. Так, мы утвердились, например, во мнении, что активность ферментов является более устойчивым и чувствительным показателем биологической активности, чем интенсивность микробиологических процессов. Трансформация органических веществ, мобилизация элементов питания в торфяных залежах осуществляются с помощью ферментов, выделяемых в данный момент как живыми организмами, так и находящимися в адсорбированном состоянии. Поэтому определение активности ферментов даёт полное представление о биологическом состоянии болот.

Дальнейшие исследования, проводимые совместно с кафедрой экологии МГУ, дали возможность освоить новые методы изучения биологической активности торфяно-болотных экосистем и применять их в последующих работах. В результате изучения микробиологической активности сибирских болот прямым методом с использованием



люминесцентной микроскопии позволило в дальнейшем принять участие в написании коллективной монографии [3].

За указанное выше время было проведено 2 Всероссийских с международным участием Школы молодых ученых «Болота и биосфера» (2012 и 2015 гг.) при финансовой поддержке РФФИ. Получен 1 патент (Сычев В.Г., Ступакова Г.А., Инишева Л.И., Ефремов У.И., Мерзлая Г.Е., Игнатъева Е.Э., Смирнов О.Н. - О способе изготовления стандартного образца состава низинного торфа. № 2482477), и зарегистрирована БД (Инишева Л.И., Кияницын А.В. - Болотные экосистемы Западно-Сибирского региона. ФОИВпИС). По данному направлению нами опубликовано много статей в журналах и сборниках, а также принято участие в 39 конференциях (очно и заочно). Сотрудничество с академиком Б.С. Масловым вылилось в совместную научно-популярную книгу о болотах («Загадочный мир болот»).

За последнее время наша тема приобрела несколько иной характер и формулируется следующим образом: «Закономерности функционирования и эволюции болотных экосистем Сибири в условиях изменения климатических факторов». Тема обязывает обратить особое внимание на гидротермические процессы в торфяных залежах, гидрологию болот и биохимические параметры. Исследования в настоящее время проводятся на болотном стационаре «Газопроводное». Мы активно продолжаем участвовать в нашем нелегком деле – продвижении науки о торфе на благо государства. В частности, при лаборатории создан музей торфа, в него любят приходить школьники и просто интересующиеся болотами люди; работает сайт, на котором размещаются сведения обо всем новом, что появляется в науке о торфе и болотах. Мы продолжаем учиться, работать и обобщать те результаты, которые получаем.

#### **Список литературы**

1. Инишева, Л.И. Проблемы рационального использования торфяных ресурсов (результаты исследований Проблемной лаборатории агроэкологии за 10 лет работы) /Л.И. Инишева // Материалы шестой всероссийской научной школы «Болота и биосфера». – Томск, ЦНТИ, 2007. – С. 67–77.
2. Инишева, Л.И. Исследование биогеохимических процессов в торфяных залежах разного генезиса / Л.И. Инишева // Материалы 8 Всероссийской с международным участием научной школы «болота и биосфера». – Томск, Изд-во ТГПУ, 2012. – С. 62–71.
3. Добровольская, Т.Г. Функционирование микробных комплексов верховых торфяников (анализ причин медленной деструкции торфа) / Т.Г. Добровольская, А.В. Головченко, Д.Г. Звягинцев, Л.И. Инишева и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 128 с.

#### **RESEARCH ON THE SUBJECT OF PEAT IN TOMSK STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

**Porokhina E.V., Sergeeva M.A., Fomichev E.E., Dyrin V.A., Aristarkhova V.E.**

*The history of the formation and development of peat subjects at the faculty of biology and chemistry of Tomsk state pedagogical University the paper describes.*

## ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

**Родионова А.Б., Гренадерова А.В.**  
**Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия**  
**e-mail: arodionova@sfu-kras.ru, agrenadyorova@sfu-kras.ru**

*В статье приводится описание динамики растительного покрова болот в бассейне р. Есауловка (Канская лесостепь Средней Сибири) на примере исследования торфяных отложений болотного массива «Пинчинское». На основании ботанического анализа торфа стало возможным реконструировать смены локальной растительности на болоте, а результаты спорово-пыльцевого анализа позволили получить более детальную информацию о растительности территории Канской лесостепи в целом.*

*Введение.* Болота являются важным компонентом природной среды, несущие информацию для познания палеоэкологических условий голоцена, в том числе особенностей динамики растительного покрова. Начиная с 2010 г. на базе кафедры экологии и природопользования Сибирского федерального университета проводятся работы по изучению генезиса и палеоэкологии болот юго-восточной части Красноярского края (Канская лесостепь с прилегающим горным обрамлением – предгорье Восточного Саяна) [1-3]. Изучение болот проводится в бассейнах рек Есауловка, Рыбная, Мана, определен ботанический состав торфяных и подстилающих отложений; на основании радиоуглеродного датирования установлено время начала болотообразования, рассчитана скорость аккумуляции торфа, выделены фазы в развитии болот и охарактеризована свойственная им растительность. Радиоуглеродное датирование выполнено в Институте геологии и минералогии им.В.С. Соболева ст.научн. сотр. к.г.-м.н. Орловой Л.А.

*Объекты и методы.* По болотному районированию Г.М. Платонова территория Канской лесостепи относится к Канскому торфяно-болотному округу, средняя заболоченность которого составляет 6-7 %. Болота распространены в основном в поймах и на надпойменных террасах[4].

Процесс торфонакопления для большинства болот Канской лесостепи датирован не ранее второй половины атлантического этапа голоцена [1-3], долговременное торфонакопление в бореале не происходило из-за свойственных этому времени катастрофических подъемов воды и эрозионных размывов [5], формирование торфяных залежей было возможно в защищенных от эрозионных размывов участках пойм притоков вдали от уреза Енисея.

Нами был изучен болотный массив «Пинчинское», площадью 202 га, расположенный на правом берегу Енисея в 45 км к востоку от уреза, дренируемый р. Тингина (правобережный приток Енисея второго порядка). По результатам радиоуглеродного анализа, было

установлено, что процесс торфообразования датирован первой половиной атлантического этапа, подстилающие торф оторфованные суглинки и сапрпель датированы началом голоцена (9300 кал.л.н.), что является на сегодняшний день самой древней датой для лесостепи Красноярского края.

Изучение отложений болотного массива «Пинчинское» было выполнено комплексом методов: ботанический анализ торфа [6], спорово-пыльцевой анализ [7], радиоуглеродное датирование, анализ зольных элементов по стандартной методике [8], при использовании шкалы увлажнения Л.Г. Раменского была сделана оценка условий увлажнения на качественном уровне [9].

Для колонки отложений болота «Пинчинское» было получено 4 радиоуглеродные даты, калибровка которых была выполнена в пакете CLAM программы статистической обработки R[10]. На основании радиоуглеродных дат была рассчитана скорость торфонакопления и построена соответствующая модель при помощи пакета CLAM программы R.

*Результаты исследования и обсуждение.* По результатам проведенного спорово-пыльцевого анализа было выявлено 7 зон. Состав спорово-пыльцевого спектра (СПС) зоны PIN 1 (рис. 1) указывает на развитие еловых лесов с примесью березы по долинам рек и берегам водоемов. Открытые участки были заняты марево-полынными группировками.

Состав СПС зоны PIN 2 (атлантический этап) характерен для спектров зоны северной лесостепи, о чем свидетельствует доля участия древесных пород 60-70 %, травянистых растений 30-40 %. По долинам рек и небольшими участками на равнинных территориях были распространены островные участки смешанного леса с доминирующим положением темнохвойных пород. Открытые участки заняты осоково-полынными ассоциациями с эфедрой и молочайными. В конце (АТ) (около 5683–5281 кал.л.н.) отмечается снижение в СПС PIN 3 древесных пород и увеличение доли травянистых, среди которых доминирует сем. *Surgraceae*, что может указывать на развитие растительных сообществ, близких к лесостепной зоне.

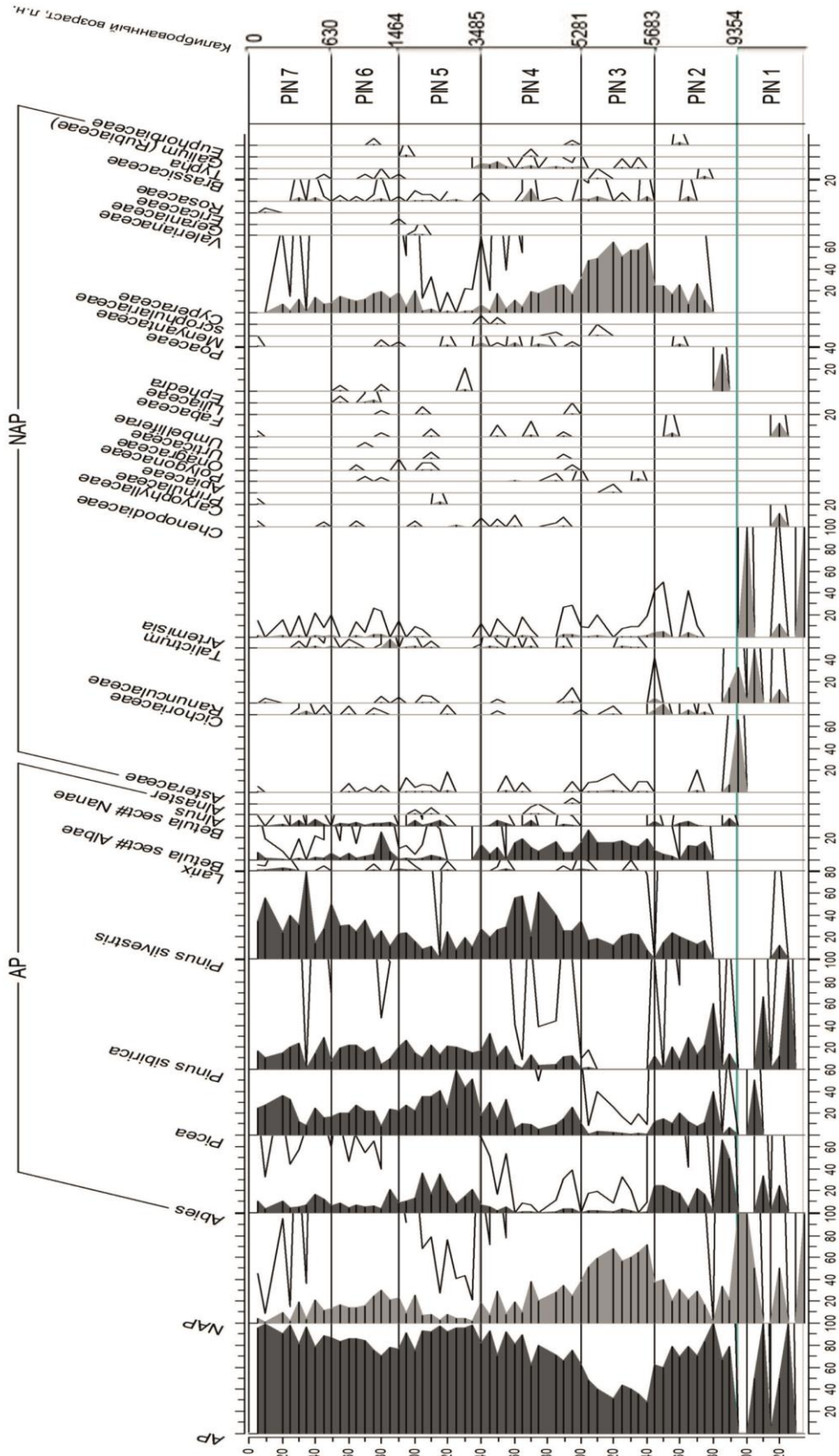


Рисунок 1. Спорово-пыльцевая диаграмма болота «Пинчинское».

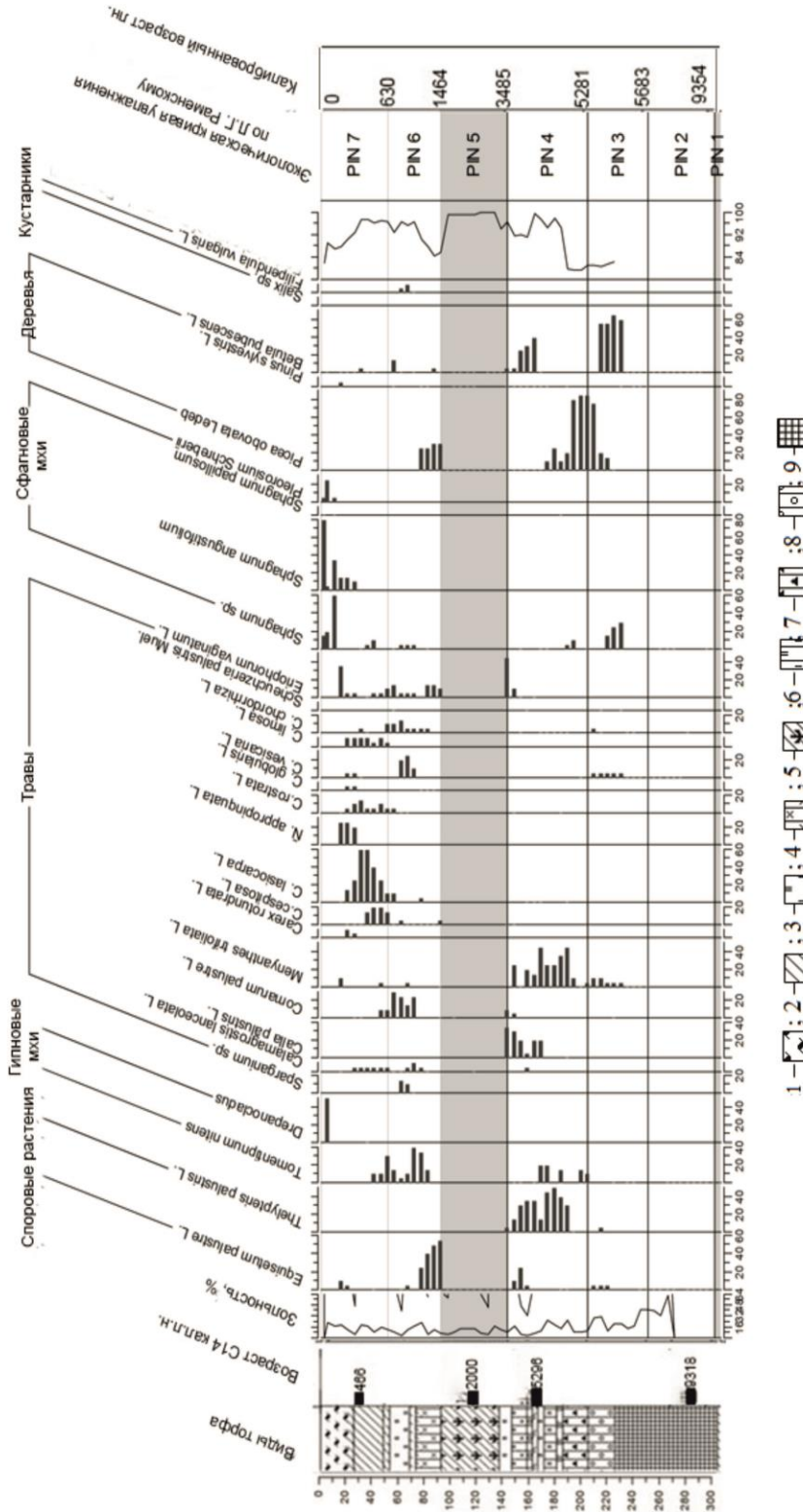
Для первой половины суббореального этапа (SB) (5281–3485 кал.л.н.) характерен лесной тип СПС (PIN 4), для которого свойственно увеличение содержания пыльцы древесных растений до 80 %, что может свидетельствовать о начале облесения территории. Господствующее положение занимает *Pinus sylvestris*, в равном количестве присутствуют *Pinus sibirica*, *Picea*, единично отмечена пыльца *Larix*. Из лиственных пород преобладает *Betula alba*, единичное участие принимает *Alnus*. Окружающие болота суходолы были представлены обширными по площади хвойными лесами с небольшой примесью лиственных пород. На наличие остепненных участков указывает присутствие в пыльце сем. *Chenopodiaceae* и р. *Artemisia*.

Вторая половина (SB) и начало субатлантического этапа (SA) (PIN 5) характеризуются повышением увлажнения территории. Для переувлажненных участков характерно увеличение доли участия в составе древесной растительности *Picea* и *Abies*, являющиеся индикаторами изменения почвенно-гидрологического режима в сторону увеличения. Присутствие пыльцы *Betula nana* свидетельствует о ее распространении в покрове сфагновых и гипновых участках болот, которые не подвергались затоплению.

В (SA), начиная с 1464 кал.л.н. (PIN 6) доминирующее положение в составе древесной растительности вновь приходится на *Pinus sylvestris*, отмечается снижение участия *Abies*, что вместе с возобновлением процесса торфонакопления может свидетельствовать о снижении увлажнения территории. Вновь доминантом среди трав выступают представители сем. *Cyperaceae*. Появление пыльцы сем. *Brassicaceae*, *Urticaceae* может свидетельствовать о начале заселения данной территории человеком. Растительность в данный временной период соответствует современной растительности зоны лесостепи.

Вторая половина (SA), начиная с 630 кал.л.н. (PIN 7) характеризуется увеличением доли хвойных пород до 90 %, преобладает *Pinus sylvestris*. Лиственные породы представлены *Betula pubescens* L. В составе фитоценозов появились виды менее требовательные к водно-минеральному питанию. Присутствие пыльцы *Ericaceae* и увеличение спор *Bryales* и *Sphagnum* указывает на переход болота «Пинчинское» на переходную стадию развития. СПС палинозоны PIN 7 свидетельствует о распространении обширных по площади участков хвойного леса с небольшой примесью лиственных пород.

На основании ботанического анализа торфа и подстилающих отложений стало возможным реконструировать основные этапы развития болота «Пинчинское». В условия прохладного климата бореального этапа на месте болота существовал небольшой водоем, по берегам которого произрастал березняк осоково-разнотравный (сапрпель и суглинок, подстилающий торф, включают кору и остатки данного сообщества) (рис. 2).



Виды торфа: 1-сфагновый; 2 –осоковый; 3 – травяной; 4 – древесно-хвощевой; 5 – суглинок; 6 – древесно-травяной; 7 –еловый; 8 – березовый; 9 – органично-минеральный сапрпель

Рисунок 2. Виды торфа, зольность, основные растения-торфообразователи, экологические кривые увлажнения болота «Пинчинское».

В начале атлантического этапа около 7000 кал.л.н. при теплом и более сухом климате уровень озера снизился, началось его зарастание, заболачивание.

В атлантическое время (зона выделенная при спорово-пыльцевом анализе PIN2) на болоте произрастал березняк разнотравный, сменившийся ельником разнотравно-зеленомошным, о чем свидетельствует в составе торфяного волокна кора *Picea obovate* Ledeb, *Betula* sp. и ткани *Equisetum palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Carex vesicaria* L. и *Tomentipnum nitens*.

В конце атлантического этапа (зона PIN 3) растительный покров болота был представлен березняком разнотравным с участием в травяном ярусе *Menyanthes trifoliata* L. и *Typha langifolia* L. Увлажнение на данном этапе соответствовало сыро-луговому по шкале Раменского – 80-84 ступень. В первой половине суббореального этапа (зона PIN 4) в растительном покрове болота при повышающемся увлажнении (болотно-луговое и болотное увлажнение по шкале Раменского) преобладают топяные сообщества с вахтой и папоротником. В изреженном древесном ярусе единично присутствуют сосна и береза.

Повышение уровня рек привело к затоплению больших территорий, что отобразилось в строении торфяной залежи в качестве 50-ти сантиметрового слоя суглинка (зона PIN 5).

В середине субатлантического этапа, начиная с 1464 кал. л.н. в составе растительности болота преобладают топяные сообщества с осоками, пушицей, зелеными и сфагновыми мхами. Древесный ярус отсутствует (зона PIN 6). Для данной зоны характерен высокий уровень увлажнения 94-96 ступень, что соответствует болотному увлажнению.

В конце субатлантического периода болото постепенно переходит в мезоэвтрофную стадию. Это подтверждают результаты ботанического анализа, за данный временной этап отложился слой торфа мощностью 50 см, состоящий из осоково-сфагнового, гипнового и сфагнового переходных видов торфа (зона PIN7). Отмечается снижение увлажнения до 84 ступени (сыро-луговое увлажнение).

Средняя скорость торфонакопления болота «Пинчинское» составила 0,6 мм/год. Максимум отмечен для конца субатлантического этапа 1,7 мм/год. Это объясняется переходом болота в мезоэвтрофную стадию развития и накоплением сфагнового и гипнового торфов, для растительных остатков которых характерна слабая скорость разложения.

*Заключение.* В бореальное время на месте болота «Пинчинское» существовал небольшой водоем. Процесс торфонакопления начался около 7000 кал.л.н. в первой половине атлантического этапа. На данном болоте произрастал березняк разнотравный, сменившийся ельником разнотравно-зеленомошным. Увлажнение на данном этапе соответствовало сыро-луговому по шкале Раменского – 80-84 ступень. В первой половине суббореального этапа преобладают топяные сообщества при болотно-луговом и болотном увлажнении. В

изреженном древесном яруса единично присутствуют сосна и береза. Повышение уровня рек привело к затоплению больших территорий, что отобразилось в строении торфяной залежи в качестве 50-ти сантиметрового слоя суглинка. В середине субатлантического этапа, топяные сообщества. Для данной зоны характерен высокий уровень увлажнения 94-96 ступень, соответствующий болотному увлажнению.

В конце субатлантического периода болото постепенно переходит в мезоэвтрофную стадию развития.

### Список литературы

1. Родионова, А.Б. Торфяные почвы Канской лесостепи (генезис и классификация) / А.Б. Родионова, А.В. Гренадерова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск, 2016. – № 4. – С 65-72.
2. Родионова, А.Б. Изучение макрофоссилий в торфе с целью реконструкции палеоэкологических условий Канской лесостепи (Приенисейская Сибирь) / А.Б. Родионова, А.В. Гренадерова // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – Ханты-Мансийск, 2016. – Т. 7. – № 1 (13). – С. 108–115.
3. Rodionova, A.V. Peatland Development and Palaeoclimate Records from the Holocene Peat Archive in the Foothills of the Eastern Sayan Mountains / A.V. Rodionova, A.V. Grenaderova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 138. – P. 2–8.
4. Платонов, Г.М. Болота лесостепи Средней Сибири. – М.: Наука, 1964. – С. 3–30.
5. Ямских, А.Ф. Осадконакопление и террасообразование в речных долинах Южной Сибири / А.Ф. Ямских. – Красноярск: КГПИ, 1993. – 226 с.
6. Тюремнов, С.Н. Торфяные месторождения. – М.: Недра, 1976. – 464 с.
7. Moore, P. D., Webb, J.A., Collinson, M.E. Pollen analysis. – Oxford: Blackwell scientific publication, 1991. – 216 p.
8. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв. – М., 1988. – 7 с.
9. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский. – М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы. – 1956. – С. 57–67.
10. Blaauw, M. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences // quaternary geochronology. – 2010. – Vol. 5, N 5. – P. 512–518.

### VEGETATION DYNAMICS OF THE KANSK FOREST-STEPPE ZONE FROM THE COMPLEX STUDY OF PEAT DEPOSITS

**Rodionova A.B., Grenaderova A.V.**

*The article represents the vegetation cover dynamics of peatlands from the basin of the Esaulovka River (Kansk forest-steppe of Central Siberia) on the example of peat deposits of the "Pinchinskoe" peatland. This research based on the botanical analysis of peat (reconstruction the changes of local vegetation from the peatland) and the results of pollen analyzes allowed to obtain more detailed information about the vegetation of the Kansk forest-steppe as a whole.*



## ОПИСАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ

Синицын В.Ф., Копенкина Л.В.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: lvkopenkina@mail.ru

*В задачах расчета и исследования торфяных машин случайные функции используются для описания рельефа поверхности эксплуатируемых торфяных полей. Ординату продольного профиля карты можно считать стационарной нормально распределенной случайной функцией расстояния. Корреляционная функция продольных профилей торфяных полей аппроксимируется затухающей косинусоидой и фактически определяется двумя параметрами – дисперсией ординаты профиля  $D_y$  (или стандартом ординаты профиля –  $\sigma_y$ ) и частотой колебания корреляционной функции  $\beta$ . Для моделирования продольных профилей карт нами применялся метод моделирования случайных функций с корреляционной функцией именно такого типа.*

*Введение.* Рельеф поверхности эксплуатируемых торфяных залежей влияет на технологические показатели добычи фрезерного торфа, на качество торфяной продукции [1]. Профиль поверхности влияет также на работу технологического оборудования – равномерность хода, нагрузку трансмиссии, проходимость торфяных машин. С целью описания рельефа поверхности были проведены работы по выявлению характеристик профиля поверхности торфяных залежей для исследования их влияния на работу технологического оборудования. Экспериментальные исследования рельефа поверхности эксплуатируемых торфяных полей проводились в течение многих лет. Исследованию подвергались наиболее представительные (с точки зрения математической статистики) производственные площади торфяных предприятий Ленинградской, Тверской и Московской областей [2-4].

*Методика исследований.* Для описания рельефа поверхности эксплуатируемых торфяных полей использовались случайные функции. При решении практических задач оказывается более эффективным использование не характеристик случайной функции, а использование непосредственного статистического материала, полученного при экспериментальном исследовании случайной функции – реализации или совокупности реализаций. В этой связи и представляют интерес методы решения задачи по существу обратной задаче математической обработки реализации или совокупности реализаций – задачи получения отдельных реализаций случайной функции исходя из характеристик функции.

При решении этой задачи не воссоздаются в прямом смысле те исходные реализации, в результате математической обработки которых были получены характеристики случайной функции, а создаются совершенно другие, но с вероятностной точки зрения эквивалентные исходным реализациям [5]. По этой причине процесс получения отдельных реализаций

случайной функции, исходя из характеристик функции, называется моделированием случайной функции.

*Результаты исследований.* Исследования показали, что ординату продольного профиля карты можно считать стационарной нормально распределенной случайной функцией расстояния.

Соответственно характеристиками профиля в этом случае являются математическое ожидание ординаты профиля  $m_y$ , дисперсия ординаты  $D_y$  и корреляционная функция  $k_y(l)$  [6]. Фактически характеристикой профиля является корреляционная функция, так как математическое ожидание характеризует только положение средней линии профиля, а дисперсия  $D_y$  равна значению корреляционной функции  $k_y(l)$  при  $(l)=0$ .

Корреляционная функция продольных профилей торфяных полей хорошо аппроксимируется затухающей косинусоидой:

$$k_y(l) = D_y e^{-\alpha l} \cos(\beta l), \quad (1)$$

где  $D_y$  – дисперсия ординаты профиля;  $\alpha$  – коэффициент затухания, 1/м;  $l$  – аргумент, м;  $\beta$  – круговая частота колебаний корреляционной функции, 1/м.

При этом стандарт ординаты профиля (среднее квадратическое отклонение) изменяется в пределах от 0,015 м до 0,065 м (при среднем значении около 0,025 м).

Значения коэффициента затухания  $\alpha$  изменяются в пределах от 0,041 1/м до 0,91 1/м. Круговая частота колебаний корреляционной функции  $\beta$  тоже варьируют в пределах от 0,19 1/м до 0,83 1/м.

Корреляционный анализ данных, содержащихся в литературных источниках [3-5], показали, что математическое ожидание круговой частоты колебаний корреляционной функции  $\beta$  равно 0,507, а математическое ожидание коэффициента затухания  $\alpha$  равно 0,188. При этом между величинами  $\alpha$  и  $\beta$  имеется достаточно тесная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции  $r=0,93$ ) (см. рис.), которая представляется следующим уравнением:

$$\alpha = -0,054 + 0,477\beta. \quad (2)$$

Для такой зависимости есть определенные основания. При прочих равных условиях большей частоте  $\beta$  соответствует более быстрое изменение значения корреляционной функции с изменением аргумента. Более быстрое изменение значения корреляционной функции, в общем случае, связано с ее более быстрым затуханием – в нашем случае с большим  $\alpha$ .

Таким образом, согласно уравнению (2) значение  $\alpha$  может быть определено через значение  $\beta$ . Следовательно, в некоторых случаях можно полагать, что корреляционная функция продольных профилей карт (см. формулу (1)) фактически определяется двумя

параметрами – дисперсией ординаты профиля  $D_y$  (или стандартом ординаты профиля –  $\sigma_y$ ) и частотой колебания корреляционной функции  $\beta$ .

Исчерпывающей характеристикой нормально распределенной случайной функции является матрица корреляционных моментов. Существуют методы моделирования случайных функций, основанные на использовании в качестве характеристики случайной функции непосредственно матрицы корреляционных моментов – например метод линейного преобразования или метод канонических разложений. Эти методы универсальны, но в большей мере пригодны для моделирования реализаций небольшой протяженности.

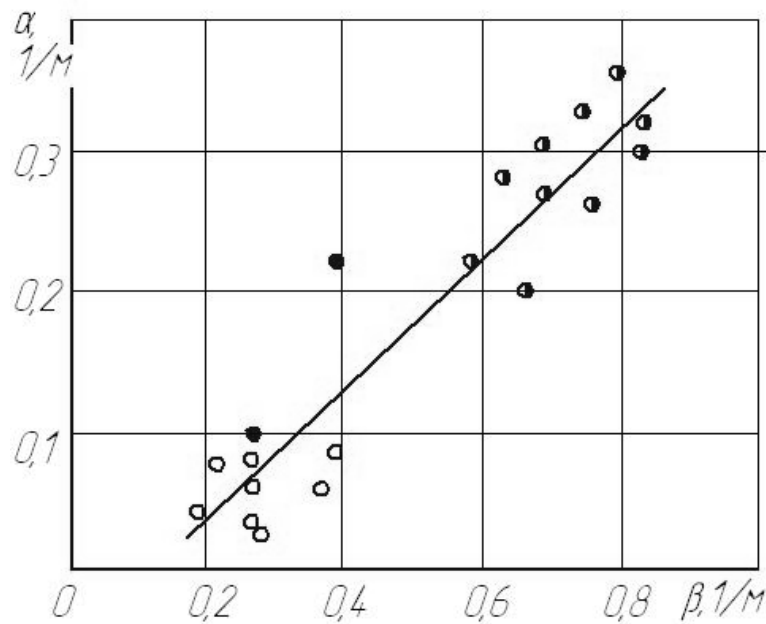


Рисунок. Зависимость коэффициента затухания  $\alpha$  корреляционной функции продольного профиля от частоты колебаний  $\beta$ :

- – данные Кузнецова Н.В. [3];
- – данные Селеннова В.Г. [4];
- – данные Куприянова В.К. [5].

Универсальность метода во многих практических применениях не является решающим преимуществом метода. Исследования показали, что часто более эффективными оказываются методы, предназначенные для моделирования сравнительно узких классов случайных функций – например для нормально распределенных функций с часто встречающимися типами корреляционных функций.

Выше отмечалось, что корреляционная функция продольных профилей торфяных полей хорошо аппроксимируется затухающей косинусоидой. В этой связи для моделирования продольных профилей карт нами применялся метод, предназначенный для моделирования случайных функций с корреляционной функцией именно такого типа.

Характеристики смоделированного профиля практически не отличаются от характеристик, используемых в качестве исходных данных, если длина моделируемого профиля не меньше 1500...2000 м.

*Заключение.* Для описания рельефа поверхности эксплуатируемых торфяных полей авторами статьи использовались случайные функции. Для моделирования продольных профилей карт применялся метод моделирования случайных функций с затухающей косинусоидой с двумя параметрами – дисперсией ординаты профиля  $D_y$  (или стандартом ординаты профиля –  $\sigma_y$ ) и частотой колебания корреляционной функции  $\beta$ . Характеристики смоделированного профиля практически не отличаются от характеристик, используемых в качестве исходных данных, если длина моделируемого профиля не меньше 1500...2000 м.

### Список литературы

1. Никитин, В.П. Повышение эффективности использования эксплуатационных площадей / В.П. Никитин, В.К. Куприянов, Е.А. Карпенкова [и др.] // Торфяная промышленность. – 1982. – № 3. – С. 21–24.
2. Кузнецов, Н.В. Исследование влияния работы фрезеров копирующего и профилирующего типов на рельеф поверхности торфяной залежи и формирование расстила: дис. ...канд. техн. наук: 05.15.05 / Н.В. Кузнецов; Калинин. политехн. ин-т. – Калинин, 1979. – 190 с.
3. Селеннов, В.Г. Исследование взаимодействия гусеничных торфяных машин с осушенными залежами верхового типа: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.17 // В.Г. Селеннов; Калинин. политехн. ин-т. – Калинин, 1976. – 204 с.
4. Куприянов, В.К. Влияние элементов рельефа поверхности производственных площадей на технологические показатели добычи фрезерного торфа и совершенствование средств механизации планировки: дис. ...канд. техн. наук: 05.15.05 // В.К. Куприянов; Калинин. политехн. ин-т. – Калинин, 1985. – 190 с.
5. Богатов, Б.А. Математические методы в торфяном производстве: учеб. пособие для горн. спец. вузов / Б.А. Богатов, В.Д. Копенкин. – М.: Недра, 1991. – 240 с.
6. Синицын, В.Ф. Научные основы проектирования параметров ходовых и фрезерующих устройств торфяных машин: автореф. дис. ...докт. техн. наук: 05.15.05 / В.Ф. Синицын; Тверской гос. техн. ун-т. – Тверь, 1999. – 38 с.

### THE DESCRIPTION OF THE SURFACE RELIEF OF PEAT FIELDS BY MODELING RANDOM FUNCTIONS

Sinizyn V.F., Kopenkina L.V.

*In the problems of calculation and study of peat machines random functions are used to describe the surface relief of the exploited peat fields. The ordinate of the longitudinal profile of the field can be considered as a stationary normally distributed random distance function. The correlation function of the longitudinal profiles of the peat fields is approximated by a damped cosinusoidal and in fact is determined by two parameters - the variance of the ordinates of profile  $D_y$  (or standard, the ordinates of the profile -  $\sigma_y$ ) and frequency of oscillation of the correlation function  $\beta$ . To model longitudinal profiles of fields, we used the method of modeling random functions with correlation function of this type.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СУШКИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

Столбикова Г.Е., Болтушкин А.Н., Купорова А.В.  
Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: borale@inbox.ru

*Предлагается рассматривать сушку фрезерного торфа как частный случай процессов тепло- и массообмена, имеющих большое практическое значение. Подробно описана методика проведения экспериментов по сушке фрезерного торфа в камере искусственного климата. Предлагается две технологические схемы увеличения сезонных сборов фрезерного торфа.*

*Введение.* В нашей стране сосредоточены громадные ценные природные богатства [1, 2], одним из которых является торф. Из торфа можно получать более семидесяти различных продуктов, но для этого необходимо извлечь из сильно обводнённой торфяной залежи значительное количество влаги, которая прочно связана с сухим веществом торфа. В естественном состоянии в залежи на 1 г сухого вещества приходится до 10 и более граммов влаги.

*Объекты и методы.* Изучение процесса сушки фрезерного торфа проводилось в камере искусственного климата (с аэродинамической трубой) Тверского государственного технического университета.

Исследования проводились при следующих параметрах: интенсивность радиации 0,25...1,2 кВт/м<sup>2</sup>; температура воздуха 25 ± 1,5 °С; относительная влажность воздуха 0,5 ± 0,05; скорость воздушного потока 1,5 м/с; режим сушки – радиационно-конвективный. Эксперименты проводились только в тех местах поля, где интенсивность испарения варьировала не более 5 % против своего среднего значения. Уровень стояния грунтовых вод поддерживался постоянным и составлял 70 см, что соответствовало влагосодержанию верхнего слоя залежи 2,7...3,3 кг/кг в производственных условиях. Температура и относительная влажность воздуха в камере контролировались показаниями двух аспирационных психрометров на входе и выходе рабочей камеры.

Для измерения температуры в торфяном монолите и в расстиле фрезерной крошки применялся полупроводниковый прибор - почвенный точечный электротермометр ПТЭТ-62, предназначенный для дистанционного измерения температуры почвы и других материалов в различных точках в пределах от – 10 до + 40 °С (точность 0,1 °С). Замеры проводились каждый час.

Скорость воздушного потока определялась анемометром в 10 точках на высоте 5 см от поверхности монолита. Интенсивность радиации измерялась один раз перед началом опытов радиометром системы А.Н. Бойко в 10 точках.

В качестве объекта исследования был взят низинный торф (вид торфа – древесно-осоковый, степень разложения  $R = 30-35 \%$ , зольность  $A^C = 8,7 \%$ ). Такой низинный торф имеет рыхло-комковатую структуру и при фрезеровании штифтовыми фрезами чаще всего получается крошка со среднезвешенным диаметром  $2 - 4$  мм, поэтому эксперименты проводились именно с такими размерами частиц фрезерного торфа. Среднезвешенный диаметр определялся по известной формуле, зная пофракционное разделение частиц и их массу.

Начальное влагосодержание крошки составляло  $3$  кг/кг ( $75 \%$ ) для всех опытов. Влажная фрезерная крошка при начальном влагосодержании загружалась в специальные рамки (с марлевым дном) определённого размера различной удельной загрузкой от  $0,129$  до  $1,81$  кг/м<sup>2</sup> (толщиной расстила от  $2$  до  $16$  мм) и рамки ставились в камеру искусственного климата. Каждые  $0,5$  ч рамки взвешивались и по убыли влаги определялось среднее влагосодержание всего расстила. Кроме того, контрольные рамки разбирались по слоям через каждые  $2$  мм и определялось влагосодержание каждого слоя. Эксперименты проводились при трёх режимах сушки (радиации)  $0,25$ ;  $0,50$  и  $0,86$  кВт/м<sup>2</sup> на влажной торфяной залежи (монолите), соответствующей производственным условиям.

*Результаты исследования и обсуждение.* На основании данных, полученных в результате опытов, строились кривые сушки и скорости сушки расстила фрезерной крошки различной толщины при трёх режимах радиации и двух размерах частиц. Анализ этих кривых свидетельствует, что при интенсивности радиации  $0,25$  кВт/м<sup>2</sup> для крошки среднезвешенного диаметра  $4$  мм сушка проходит примерно с одинаковой скоростью в расстеле  $4$  мм и в слое  $16$  мм. Отсюда следует, что при малой интенсивности радиации, когда радиационная сушка мало отличается от конвективной, нецелесообразно переходить на короткие циклы добычи. Сушка крошки со среднезвешенным диаметром  $2$  мм проходит с большей скоростью, но она имеет всё же малые значения [4].

Сушка фрезерной крошки при интенсивности радиации  $0,50$  кВт/м<sup>2</sup>, соответствующей средним погодным условиям, проходит значительно интенсивнее. Причём  $4$  мм слой торфа при различных среднезвешенных диаметрах частиц сохнет с одинаковой скоростью, это означает, что при загрузке торфа, равной  $0,54$  кг/м<sup>2</sup> фракционный состав не оказывает существенного влияния на сушку (рис. 1).

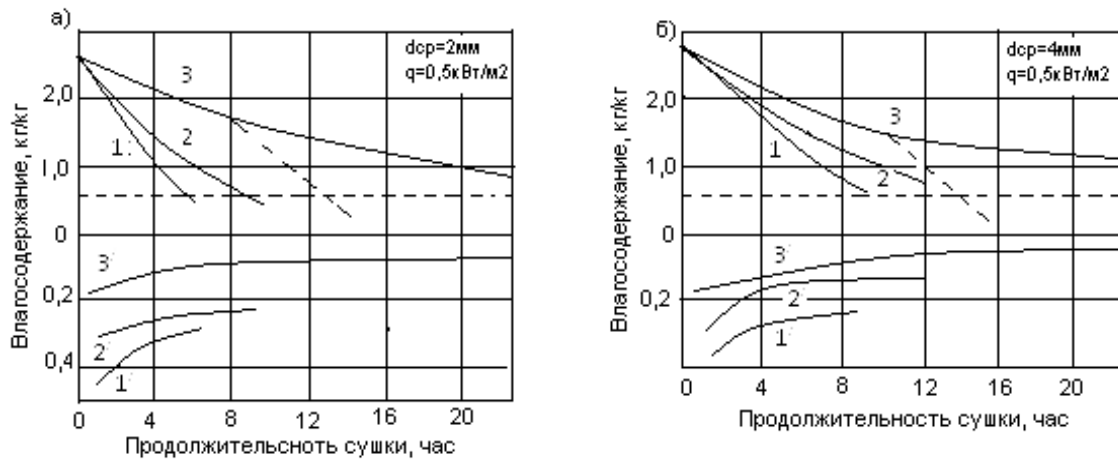


Рисунок 1. Кривые сушки (1,2,3) и скорости сушки (1', 2', 3') для крошки разной толщины расстила: 1, 1' - 2 мм; 2, 2' - 4 мм; 3, 3' - 16 мм.

При большей интенсивности радиации  $0,86\text{ кВт/м}^2$  двухмиллиметровый слой при средневзвешенном диаметре частиц высыхает до конечного влагосодержания  $1\text{ кг/кг}$  примерно за 4 часа сушки, а четырёхмиллиметровый – за 5 часов. Отсюда следует, что целесообразнее сушить 4-х мм слои торфа. Однако при той же толщине расстила и средневзвешенного диаметра 4 мм торф обезвоживается медленнее, что связано с несколько отличным механизмом сушки в расстеле с различным фракционным составом.

Из анализа кривых сушки фрезерного торфа при интенсивностях радиации  $0,50$  и  $0,86\text{ кВт/м}^2$  (рис. 1 и 2) различного фракционного состава следует, что оптимальной толщиной расстила на влажном подстиле (аналогично полевой сушке), при которой материал сохнет с максимальной скоростью, является слой 5-7 мм. Таким образом, оптимальная толщина расстила составляет примерно  $(1,5-3)d_{cp}$ , что несколько больше оптимальной толщины расстила крошки торфа, влагоизолированного от подстилающей залежи [5].

Объясняется это тем, что при сушке фрезерной крошки в очень тонких слоях толщиной равной средневзвешенному диаметру частиц на влажном подстиле больше половины тепловой энергии тратится нерационально: около 70 % её используется на нагревание фрезерной крошки и торфяной залежи и на испарение влаги из подстила [3], так как зона максимального испарения при такой толщине расстила (5-7 мм) переходит в подстилающую залежь. За 4 часа сушки при средних погодных условиях (радиация равна  $0,50\text{ кВт/м}^2$ ) зона максимального испарения находится в прослойке 5-7 мм (рис. 2), поэтому данную толщину расстила при сушке фрезерной крошки на влажном подстиле следует признать оптимальной.

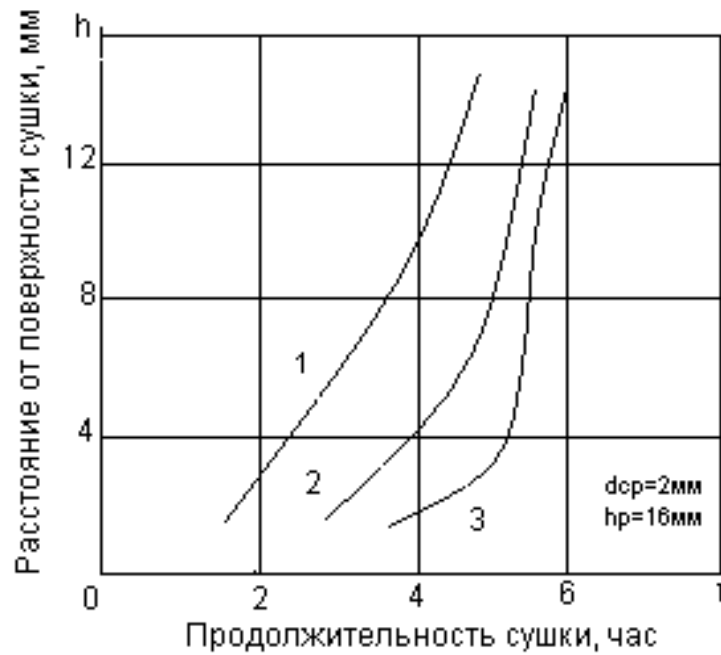


Рисунок 2. Расположение зоны максимального испарения в зависимости от интенсивности радиации: 1 – 0,25; 2 – 0,50; 3 – 0,86 кВт/м<sup>2</sup>.

Аналогичный вывод следует при рассмотрении максимальной скорости сушки от толщины расстила при средней радиации 0,50 кВт/м<sup>2</sup>, (рис. 3). С уменьшением начальной толщины слоя эффективность сушки возрастает, а толщина расстила, соответствующая точке перегиба на кривой максимальной скорости сушки, является оптимальной.

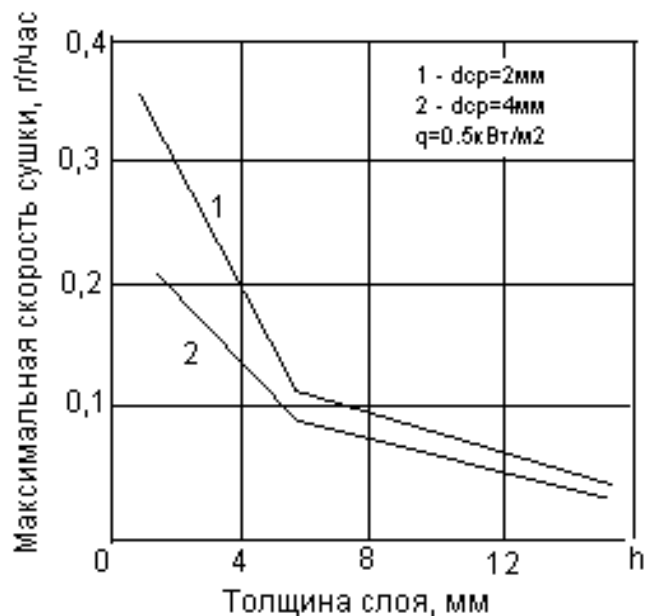


Рисунок 3. Зависимость максимальной скорости сушки от положения слоя в расстиле: 1 –  $d_{cp} = 2$  мм; 2 –  $d_{cp} = 4$  мм.



Из сравнения кривых сушки и интенсивности сушки расстилов фрезерной крошки на торфяном монолите и влагоизолированно от подстила [5] следует, что расстил торфа, не имеющий контакта с подстилом, может быть досушен до весьма низкого влагосодержания (0,08-0,15 кг/кг) в зависимости от интенсивности радиации, а при сушке на монолите без ворошений конечное влагосодержание торфа при том же режиме сушки имеет большее значение. Это вызвано тем обстоятельством, что наступает динамическое равновесие: испарение влаги из монолита (высокая относительная влажность воздуха в слое торфа, контактирующего с подстилом) препятствует дальнейшему обезвоживанию слоя, так как влага преимущественно в паровой фазе, транзитом проходящая через сушимый расстил, тормозит испарение влаги.

В начале сушки градиенты влагосодержания в слое торфа, контактирующем с подстилом, практически не изменяются с увеличением интенсивности радиации, в этот период происходит, в основном сушка верхних слоёв, в то время как градиенты температуры по высоте слоя увеличиваются (рис. 4), что приводит к перераспределению влаги внутри слоя за счёт термовлагопроводности. При таком влагосодержании (к концу сушки) увеличение интенсивности радиации приводит к значительному росту градиента влагосодержания в нижнем слое торфа, непосредственно контактирующем с подстилом. Это приводит к увеличению интенсивности поступления влаги из подстила, а также к торможению испарения влаги из расстила крошки.

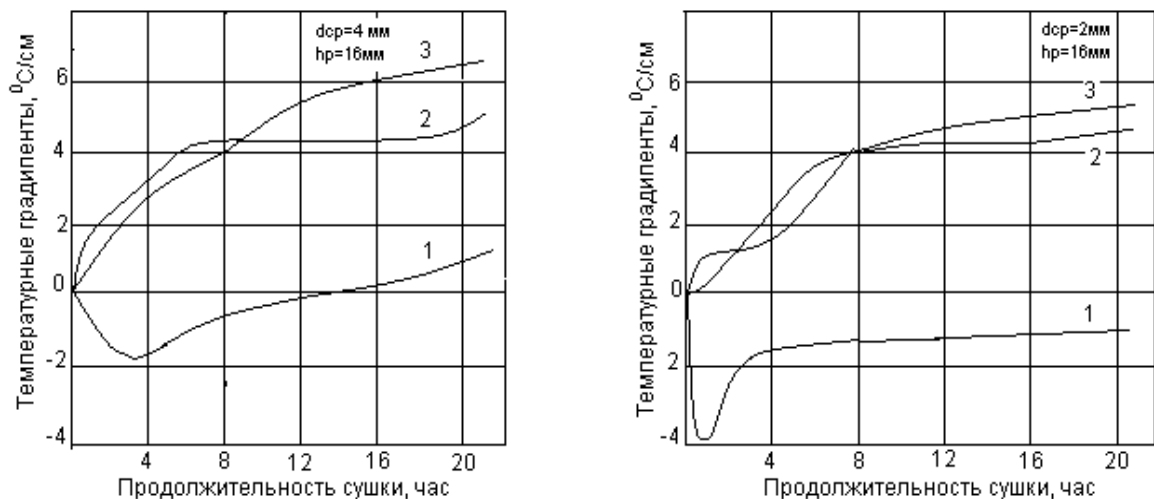


Рисунок 4. Изменение средних температурных градиентов в процессе сушки при разной интенсивности радиации: 1 – 0,26; 2 – 0,50; 3 – 0,86 кВт/м<sup>2</sup>.

При низком влагосодержании торфа интенсивность сушки крошки с увеличением радиации возрастает. Это происходит, во –первых, из-за того, что с ростом интенсивности радиации увеличивается температура торфа и, следовательно, возрастает интенсивность испарения в паровой фазе, так как при таком влагосодержании нет сплошных плёнок влаги и капилляров, заполненных влагой. Поэтому перенос влаги в жидкой фазе отсутствует, имеет место только диффузия пара. Во-вторых, с увеличением интенсивности радиации при низком влагосодержании термокапиллярный перенос отсутствует, а имеет место только термодиффузия осмотической влаги (рис. 4). Потенциал сушки пропорционален температуре (от неё также зависит относительная влажность воздуха), поэтому с увеличением интенсивности радиации растут температура и потенциал сушки, и, следовательно, торф может быть высушен до более низкой равновесной влажности.

При радиационной сушке фрезерного торфа в расстиле возникают значительные градиенты влагосодержания и температуры. Верхний слой торфа (1-2 мм) быстро достигает влагосодержания, близкого к равновесному, при относительно высоком влагосодержании торфа по всей высоте расстила.

С увеличением интенсивности радиации за одно и то же время происходит сушка более толстых верхних прослоек расстила, вследствие углубления зоны испарения (рис. 2). Так за 4-5 часов зона максимальной скорости сушки при интенсивности радиации  $0,86 \text{ кВт/м}^2$  находится в слое 10-12 мм, при потоке радиации  $0,50 \text{ кВт/м}^2$  – в слое 6-8 мм, а при интенсивности радиации  $0,25 \text{ кВт/м}^2$  – только в верхнем 1-3 мм слое. Следовательно, при средних погодных условиях за 5-6 часов сушки зона максимальной скорости сушки расположена в прослойке 6-8 мм от поверхности и этот в среднем семимиллиметровый слой можно высушить за это время до товарной влажности.

*Заключение.* Таким образом, на основании вышеизложенного, за день сушки (10-12 ч) можно провести два цикла добычи фрезерного торфа: фрезерование, сушка и уборка крошки толщиной по 6-8 мм. Кроме того, может быть использована и другая технологическая схема: фрезерование залежи производить один раз в течение 1-2 суток, а сушка и уборка высушенных верхних прослоек по мере их высыхания до кондиционной влажности - также через каждые 5-6 часов сушки. Начальное влагосодержание для данной технологии в каждом цикле сушки и уборки будет меньше первого цикла, так как испарение влаги происходит по всей толщине расстила, поэтому и длительность цикла сушки будет соответствовать 5-6 ч сушки. Данные схемы были проверены в производственных условиях и дали положительный результат. Цикловые сборы высушенного фрезерного торфа до кондиционной влажности за 5 ч сушки снизились, количество же циклов уборки увеличилось более чем в 4 раза по сравнению с двухдневным циклом, итоговый же показатель – сезонный сбор фрезерного торфа с одного

гектара производственных площадей значительно возрос, что является важным технологическим показателем производства фрезерного торфа.

### Список литературы

1. Панов, В.В. Современные тенденции развития торфяной отрасли России / В.В. Панов, О.С. Мисников // Труды Инсторфа. – 2015. – № 11 (64). – С. 3–12.
2. Пухова, О.В. Исследование процессов сушки различных видов торфяной продукции // Горный информационно-аналитический бюллетень / О.В. Пухова, Е.О. Савельева – М.: МГТУ, 2009. – Т. 10. – С. 411–415.
3. Афанасьев, А.Е. Интенсификация сушки торфа в полевых условиях / А.Е. Афанасьев, Г.Е. Столбикова // Труды Инсторфа: научный журнал. № 5 (58). – Тверь: ТвГТУ, 2012. – С. 17–21.
4. Столбикова, Г.Е. Особенности сушки фрезерного торфа различных параметров и режимов сушки / Г.Е. Столбикова, А.В. Купорова // Материалы 12-ой международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики», Минск-Тула-Донецк, 2-3 ноября 2016 г. – Тула.– С. 77–84.
5. Столбикова, Г.Е. Исследование сушки фрезерной крошки с разной загрузкой при изменяющихся режимах / Г.Е. Столбикова, А.В. Купорова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Саморазвивающаяся среды технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки», Часть 1. – Тверь, ТвГТУ, 2016. – С. 168–175.

### RESEARCH OF THE MECHANISM DRYING OF MILLING PEAT

**Stolbikova G.E., Boltushkin A.N., Kuporova A.V.**

*It is proposed to consider drying of milling peat as a special case of heat and mass processes having a great practical value. The technique of experiments on drying of milling peat in the chamber of artificial climate is described in detail. Two technological schemes for increasing seasonal milling peat fees are proposed.*

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ОСУШЕНИИ БОЛОТ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Субота М.Б., Богданова Л.С.

**ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный Лесотехнический  
Университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: soil@spbftu.ru**

*В статье показаны изменения мощности торфяного слоя на осушенных торфяниках с течением времени. Приведены данные по динамике морфологических и агрохимических свойств. Отмечено повышение класса бонитета в культурах сосны на осушенных торфяниках.*

*Введение.* На долю болот в лесном хозяйстве приходится более 200 миллионов гектар.

Занятые болотами земли в большей степени относятся к наиболее богатым, в зависимости от типа болот. 57 % это богатые низинные болота, около 16 % болота переходные. Эти болота целесообразно использовать для лесовыращивания.

Плохому росту леса на болотах мешает избыток влаги. Коллоидная составляющая в торфе при избытке воды представлена в виде зольей. Под влиянием осушения коллоиды из состояния зольей переходят в состояние гелей.

Почвы болот продуцируют подвижные высокодисперсные ненасыщенные органические вещества в виде фульвокислот. В следствии миграции по почвенному профилю ненасыщенных растворов фульвокислот формируются грубогумусные иллювиальные горизонты. Эти ненасыщенные растворы обогащаются полуторными окислами входящими в кристаллическую решетку и появляются под слоем торфа.

Со временем насыщенности основаниями снижается (табл.), органические вещества, особенно при низких уровнях грунтовых вод могут трансформироваться до конечных продуктов  $H_2O$  и  $CO_2$ . Коллоиды необратимо коагулируют. Что приводит к вымыванию их осадками и грунтовыми водами и выносом в дренажные системы.

*Объекты и методы.* После гидромелиорации в первые годы после удаления избытка воды происходит осадка торфа и его уплотнение. При использовании осушения болот в сельском хозяйстве торфяной слой может полностью исчезнуть. Так на Новгородском болотном стационаре при использовании в сельском хозяйстве мощность торфа с 1,3 м. почти вдвое уменьшилась за 7 лет. При использовании болот в лесном хозяйстве торфяной горизонт сохраняется дольше. Интенсивность сработки торфа зависит от уровня грунтовых вод в летний период. Например, при наших исследованиях, на маломощном торфянике с глубиной торфа до 50-60 см на участке в год осушения 1959 глубина торфа составляла 50-60 см. В 1963 году его мощность уменьшилась до 25-27 см. В 1991 году составила только 16-18 (см. морфологическое описание почвенных разрезов 1962 и 2004 годов).

На опытном участке были проведены посадки культур сосны [1]. Со временем появился подлесок листовенных пород и в дальнейшем, снижение слоя торфа замедлилось за счет опада листьев, хвои и травянистой растительности. Было отмечено с 1956 по 1966 годы разрастание иван-чая. После смыкания крон культур сосны иван-чай исчез.

Преобладавший на микроповышениях (кочках) в первые годы после осушения, кукушкин лен наблюдался 10-12 лет. Обильно встречалась пушица влагилищная, мятлик болотный, осока вздутая, звездчатка ланцетолистная. Через 12 лет их сменили луговые растения, бор развесистый, полевица обыкновенная, щитовник игольчатый. В сформировавшемся высоко бонитетном сосновом насаждении, появились майник, незабудка гравилат речной, кислица местами черника. Болотный тип почвообразования сменился дерновым.

*Результаты исследования.* Морфологическое описание почвенного разреза опытного участка в 1962 г.

A<sub>0</sub>T, 0-3 см - дернина из корней и опада болотных растений и др. растительных остатков.

T<sub>2</sub>, 4-27 см – темно коричневый, хорошо разложившийся торф с вкраплениями глинистых частиц, переход в следующий горизонт постепенный.

T<sub>3</sub>, 28-48 см – темно бурый хорошо разложившийся торф, пронизанный отмершими корнями осок, в нижней части сильно минерализованный, переход в следующий горизонт четкий.

B<sub>g</sub>, 49-74см - суглинок средний темноватого цвета с ржаво- бурыми пятнами, пронизанный отмершими корнями осок.

B<sub>g</sub>, 75-100 см – тяжелый суглинок, с хорошо выраженными признаками оглеения.

C<sub>g</sub>>100

В первые годы, почва оценивалась как торфяно-перегнойная глеевая с выраженным слоем дернины. Мощность торфа составляет около 50 см.

Рельеф характеризовался обилием микроповышений в виде кочек, покрытых кукушкиным льном (*Polytrichum Commune* Asaw.)

После осушения происходит уменьшение объема крупных пор, уплотняется торф, что и приводит к его сработке с интенсивным выделением CO<sub>2</sub>.

Ко времени повторного исследования в 1983 г. на осушенном торфянике сформировалось сомкнутое сосновое насаждение, его рост характеризовался I - Ia классом бонитета. Запас древостоя при высоте 12-13 м составлял 200-230 м<sup>3</sup>/га. Частая сеть борозд выведенных в каналы, вдоль которых по пластам были высажены саженцы сосны обыкновенной.

Морфологическое описание почвенного разреза опытного участка в 2004 году.

$A_0^T$ , 0-3 см - лесная подстилка, слабо разложившаяся, содержащая хвою, остатки травяной растительности.

$T_3$ , 4-16 см – перегнойный, черного цвета, хорошо разложившийся.

$A_1$ , 16-18 см - гумусовый, суглинистый, черный, комковатая, рыхлая, переход в следующий горизонт четкий.

$A_2$ , 18-20 см - подзолистый, белесый, суглинистый, структура плотноватая, пылеватая, переход в следующий горизонт постепенный.

$B_g$ , 20-43 см - иллювиальный, бурый, призматическая, плотноватое, пятна глея, переход в следующий горизонт постепенный.

$G > 43$  - глеевый, сизый, пылевато-глыбистая, плотный, суглинистый.

Почва перегнойная, слабоподзолистая, иллювиально-глеевая на глинистых отложениях.

Мощность торфа на участке изменилась, находясь в пределах 16-18 см. Не совсем типично для торфяных почв, местами отмечено появление подзолистого горизонта.

Изменилось и состояние почв. Наиболее существенно изменение кислотности. Если до освоения опытный участок был представлен богатым переходным торфяником покрытым травянистой и сфагновой растительностью в значительной степени определяющего кислотность [2].

Таблица. Агрохимические показатели почв

Название, мощность горизонта, см	Зольность, %	рН		ГК, мг/экв на 100 г почвы	S, мг/экв на 100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %
		H <sub>2</sub> O	KCl			
1962 год						
$T_2$ 2-10	7,7 – 20,0	4,5	4,0	31,4	3,8	10,8
$T_2$ 11 – 20	11,7 – 27,0	4,7	4,1	30,2	5,0	14,0
$T_2$ 21 – 30	28,0 – 31,0	4,7	4,3	45,2	5,6	11,2
$T_3$ 31 - 40	34,0 – 58,0	5,2	4,5	40,3	5,0	8,8
2004 год						
$T_3$ 3 - 8	14,8	4,0	3,4	47,6	1,1	2,1
$T_3$ 9 -20	26,1	4,2	3,5	65,5	3,8	5,5
$A_2$ 21 – 32	49,0	4,3	3,4	70,1	6,3	8,2
$B_g$ 33 - 45	94,0	5,0	4,1	8,2	1,0	10,8

*Заключение.* После формирования высоко бонитетного соснового насаждения увеличился привнос хвои, что увеличило и кислотность. При исследовании в 2016 году пока существенных изменений не выявлено.

Исследования показывают, что осушение болот, проводимое в целях лесного хозяйства, позволяет, сохраняя болота выращивать на них высокопродуктивные насаждения.

### Список литературы

1. Бабилов, Б. В. Субота, М. Б. Выращивание высокопродуктивных культур сосны на осушенных торфяниках / Б.В. Бабилов, М.Б. Субота // Материалы международного совещания «Повышение производительности и эффективности использования лесов на осушенных землях».- СПб., - 2008. - С.43-46.
2. Субота, М.Б. Изменение агрохимических свойств осушенных мелкозалежных торфяников при лесокультурном освоении / М.Б. Субота // Материалы III Международной конференции по лесному почвоведению, Петрозаводск, 2009 - С. 307-309.

### TRANSFORMATION OF PEAT DEPOSITS IN THE DRAINAGE OF WETLANDS FOR FORESTY

**Subota M.B., Bogdanova L.S.**

*The changes in the power of the peat layer on drained peatlands over time the article shows. Data on the dynamics of morphological and agrochemical properties are presented. There was an increase in the class of bonitet in pine cultures on drained peatlands.*

## КОРНЕВОЕ И МИКРОБНОЕ ДЫХАНИЕ ТОРФЯНЫХ ОЛИГОТРОФНЫХ ПОЧВ ПЛОСКОБУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**Тимофеева М.В., Гончарова О.Ю.**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,  
Россия, e-mail: mtimofeeva02@gmail.com; goncholgaaj@gmail.com**

*В работе определены составляющие дыхания торфяных олиготрофных почв на территории стационара «Надым» (Надымский район, Тюменская область, ЯНАО). Биомасса корней в торфяной почве составляет около 300 г/м<sup>2</sup>. В верхнем горизонте Т1 микробное дыхание составляет 58,2 мг СО<sub>2</sub>/(кг почвы\*час) и уменьшается в нижележащих горизонтах. Продукция СО<sub>2</sub> на профиль, рассчитанная как сумма микробного и корневого дыхания, в разы превышает эмиссию с поверхности.*

*Введение.* Диоксид углерода (СО<sub>2</sub>) является одним из основных парниковых газов. В связи с этим, оценка его потоков в естественных экосистемах, функционирующих в разных экологических условиях, является актуальной. Для измерения потоков СО<sub>2</sub> из почвы, а также разделения дыхания различных источников разработано несколько методов, отличающихся отбором проб, техникой проведения анализа, воспроизводимостью и другими характеристиками [1]. Метод «интеграции компонентов» позволяет разделить поток СО<sub>2</sub> на гетеротрофную и автотрофную составляющие и оценить вклад корневого и микробного дыхания в общее дыхание почвы.

Цель исследования: определить составляющие дыхания торфяных олиготрофных почв плоскобугристых торфяников севера Западной Сибири с помощью метода интеграции компонентов; оценить преимущества и недостатки методики, ее применимость к торфяным почвам, функционирующим в условиях криолитозоны.

*Объекты и методы исследований.* Исследования проводили в августе 2017 года на территории стационара «Надым», который находится в 30 км к юго-востоку от города Надым на севере Западной Сибири (Надымский район, Тюменская область, ЯНАО). Характерными чертами изучаемого региона являются расположение его в пределах северной границы распространения северной тайги, высокая обводненность территории и наличие прерывистых многолетнемерзлых пород (ММП), распространенных локально под массивами торфяников [2]. Ландшафты территории представлены как собственно олиготрофными болотами, так и специфическими вариантами мерзлотного рельефа – плоско- и крупнобугристыми торфяниками с расположением ММП в пределах 1-2 м [3].

В качестве объекта был выбран участок на плоскобугристом торфянике в мохово-лишайниково-кустарничковой тундре с доминированием *Cladonia alpicola* (Flot.) Vain.,



*Cladonia coccifera* (L.) Willd., *Ledum* L. sp. На изучаемом участке были заложены три почвенных разреза, в каждом из которых в разные стороны обнажались горизонты для дальнейшего изучения. Почва – торфяно-криозем потечно-гумусовый, состоящий из серии торфяных горизонтов разного ботанического состава и разной степени разложения, имеется лишайниковый очес на поверхности (Т1-Т2-┘Т3).

Для исследования использовали следующие методы:

Эмиссию с поверхности каждого горизонта почвы определяли методом закрытых камер в трехкратной повторности два раза с разницей в двое суток [4]. Из каждого горизонта отбирали монолиты: 10см\*10см\*h горизонта, см. Каждый отобранный монолит механически разделяли на компоненты. Часть почвы без живых корней протирали через сито с диаметром 3 мм. Навески почвы естественной влажности (массой 5 г) помещали во флаконы с резиновой мембраной объемом 125 мл в пятикратной повторности. Значения базального дыхания (БД) измеряли по скорости выделения  $\text{CO}_2$  почвой за 30 минут, и рассчитывали по формуле для расчета БД [4]. Вручную отбирали живые корни, отмывали их от частичек почвы, лишнюю влагу удаляли с помощью фильтровальной бумаги. Корни разделяли на две фракции в зависимости от их диаметра: <1мм, 1-5 мм. Корней толще 5 мм обнаружено не было. Каждую фракцию (повторность 3-6) инкубировали отдельно по 30 минут в сосудах объемом 125 мл и измеряли значения удельного дыхания по скорости выделения  $\text{CO}_2$  корнями. Удельное дыхание рассчитывали в  $\text{мгCO}_2/(\text{кг корней*час})$  по формуле [4]. Измерение БД в лаборатории проводили аналогично тому, как это делалось в поле, но при фиксированной температуре – 22 °С и в течение 15 часов. Измерению  $\text{CO}_2$  предшествовала предынкубация всех образцов в течение 3-х суток.

Для дальнейшей оценки вклада корневого и микробного дыхания в общее дыхание почвы рассчитывали дыхание корней и микробное дыхание для каждого горизонта с учетом плотности почвы и запасов корней.

*Результаты исследований и обсуждение.* Удельное корневое дыхание, рассчитанное для разных фракций, отличается. Максимальное значение удельного дыхания характерно для корней тонкой фракции ( $d<1\text{мм}$ ), оно уменьшается к средней ( $d=1-5\text{мм}$ ) фракции. Среднее удельное дыхание по всем фракциям составляет 184,5  $\text{мг CO}_2/(\text{кг}_{\text{корней}}*\text{час})$  (рис. 1). Аналогичная тенденция снижения величины удельного дыхания по мере увеличения их диаметра определена и другими авторами [5].

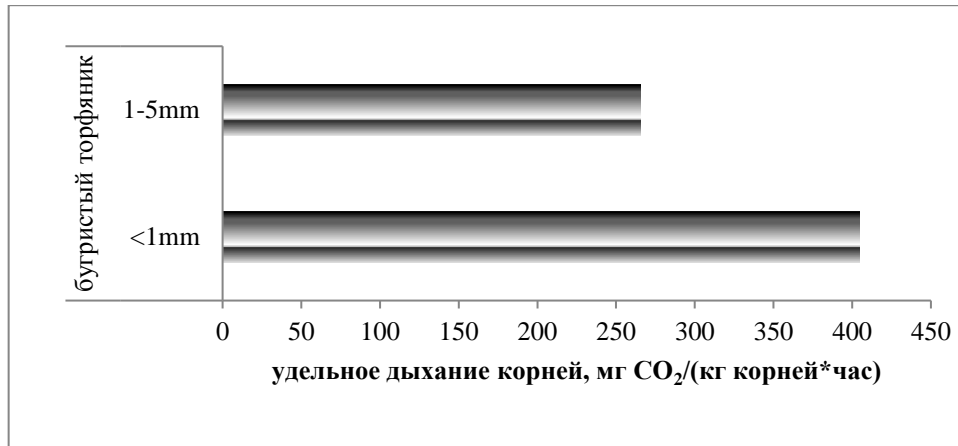


Рисунок 1. Удельное дыхание корней разных фракций.

Практически 100 % запасов корней находятся в горизонте T1, причем во всем профиле масса корней достигает 270 г (рис. 2). Суровый климат тундры, наличие ММП в почвенном профиле ограничивают развитие растений с мощной корневой системой, способной давать высокую биомассу. Хорошо развит мохово-лишайниковый покров.

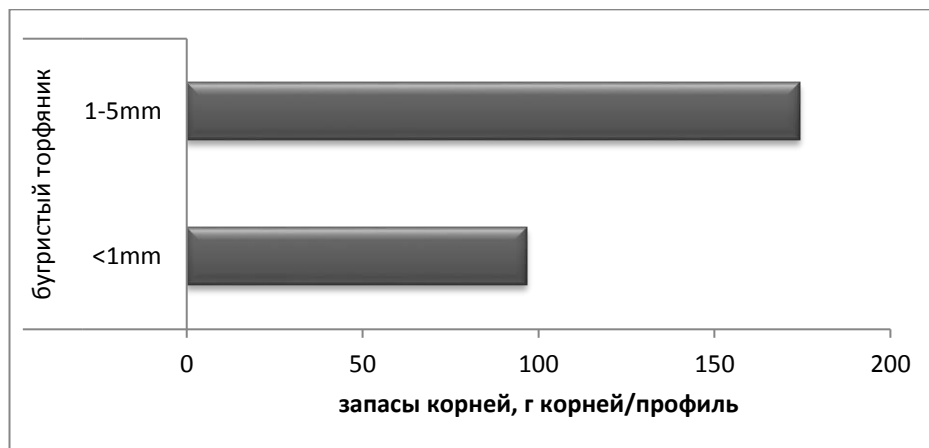


Рисунок 2. Запасы корней.

Суммарное дыхание корней, рассчитанное на горизонт, снижается вниз по профилю, что связано с аккумуляцией биомассы в верхней части. Дыхательная активность корней наблюдается в верхних двух горизонтах T1 и T2, хотя большая часть все же сосредоточена в верхнем горизонте T1. Вклад корней тонких фракций (по всему профилю) в среднем составляет не более 45 % (рис. 3). Это согласуется с данными Ларионовой А.А. с соавторами [6], которые утверждают, что средние корни вносят существенный вклад в общее корневое дыхание из-за многократного превышения их массы по сравнению с весом тонких корней, несмотря на то, что их дыхательная активность значительно ниже.

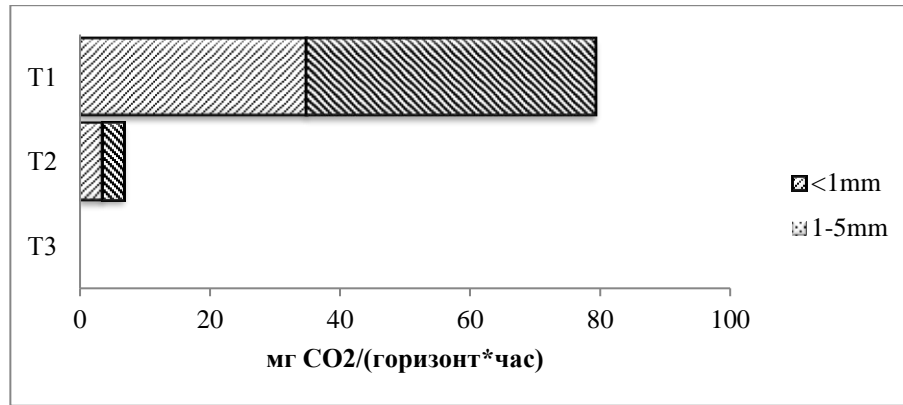


Рисунок 3. Погоризонтное дыхание корней в профиле.

Для определения биологической активности было измерено БД в трех разрезах в пятикратной повторности в полевых условиях (температура воздуха 9-11 °С) и при стандартных условиях в лаборатории (температура 22 °С). Полученные в лаборатории значения во всех горизонтах выше полученных в поле. В верхнем горизонте отличие незначительно, а в T2 и в T3 значения отличаются примерно в 4 раза (рис. 4). Это связано с как с разницей в температуре инкубации, так и с нарушением сложения почвы. Гродницкая И.Д. и др. [7] связывают это с близостью мерзлого слоя в нижней части профиля.

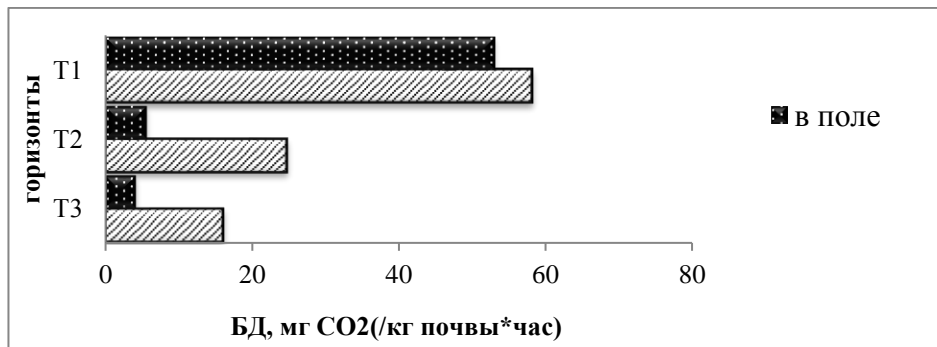


Рисунок 4. Базальное дыхание в профиле.

Было рассчитано суммарное микробное дыхание на горизонт для дальнейшей оценки вклада дыхания различных источников в общее дыхание почвы. Тенденция изменений суммарного микробного дыхания аналогична изменению БД (рис. 5).

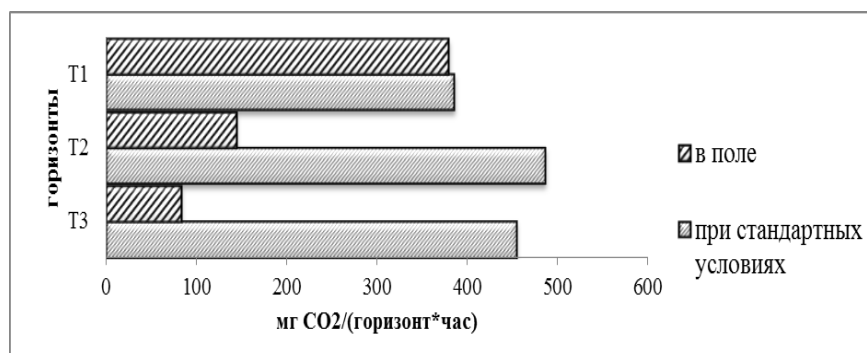


Рисунок 5. Суммарное микробное дыхание в профиле.

По данным разных авторов, дыхание подземных органов растений составляет до 30-40 % от общего почвенного потока углекислого газа [8]. По данным Кузякова Я. [9], полученным с помощью изотопных меток, доля корневого дыхания может быть существенно выше (40-60 % и более). Эти значения варьируют в зависимости от вида растений, фазы их развития, температуры, влажности, обеспеченности элементами минерального питания. По нашим данным, доля корневого дыхания в общем дыхании торфяной почвы отличается при расчетах с включением БД, полученного при стандартных условиях и в поле. Вклад дыхания корней составляет 13 % для полевого измерения БД и 7 % для стандартных условий (табл. 1).

Таблица 1. Вклад разных источников в общее дыхание почвы.

Суммарное микробное дыхание (поле)	Суммарное микробное дыхание (лаборатория)	Суммарное корневое дыхание	Вклад дыхания корней	
			поле	лаборатория
мг CO <sub>2</sub> /(профиль*час)				
607,5±272,6	1326,9±355,4	92,5±33,4	13 %	7 %

Предполагается, что эмиссия с верхнего горизонта является суммой эмиссий с поверхности каждого отдельно взятого горизонта. В нашем случае, для профиля торфяных почв это не соблюдается. Во-первых, 6 августа наблюдается увеличение эмиссии в горизонте Т3 по сравнению с вышележащим горизонтом Т2 (рис. 6). Возможно, это связано с тем, что не весь газ выделяется с вертикальным потоком в атмосферу, есть также и боковой сток за счет горизонтальной пористости торфяных слоев. Также часть газа может растворяться в почвенном растворе и с ним выносится за пределы изучаемого объекта. Так как объект изучения – бугристый торфяник, формирующийся на близко расположенных ММП, часть газа может «стекать» по поверхности стола мерзлоты и накапливаться в западинах. В горизонте Т2 наблюдается увеличение потока CO<sub>2</sub> 8 августа по сравнению с 6 августа. Вероятная причина – поток газа не успел стабилизироваться за 1-2 суток после обнажения горизонтов.

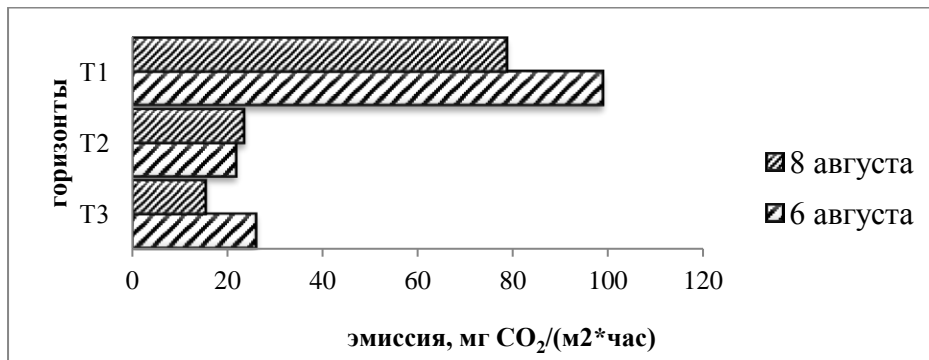


Рисунок 6. Послойная эмиссия для профиля торфяной почвы.

Продукция  $\text{CO}_2$  на профиль, рассчитанная как сумма микробного и корневого дыхания, в среднем составляет  $700 \text{ мг CO}_2/(\text{профиль} \cdot \text{час})$ , что в разы превышает эмиссию с поверхности (табл. 2).

Таблица 2. Сопоставление эмиссии с общим дыханием,  $\text{мг CO}_2/(\text{профиль} \cdot \text{час})$

Экосистема	Эмиссия 6 августа	Эмиссия 8 августа	Общее дыхание
Бугристый торфяник	$98,9 \pm 81,64$	$78,7 \pm 20,1$	700,0

По итогам проделанной работы были сделаны следующие выводы.

1. На севере Западной Сибири был апробирован метод интеграции компонентов в модификации «погоризонтного» исследования. Данный метод позволил не только оценить вклад различных источников в общую продукцию  $\text{CO}_2$  почвами, но и определить долевое участие горизонтов в этой продукции, оценить изменение с глубиной активности микробиоты, а также запасов корневой биомассы.

2. Биомасса корней в профиле торфяной почвы составляет около  $300 \text{ г/м}^2$ , 100 % корней приходится на верхний горизонт. Среднее удельное дыхание корней составляет  $384,9 \text{ мг CO}_2/(\text{кг}_{\text{корней}} \cdot \text{час})$ , Удельное дыхание значительно уменьшается от тонких к средним фракциям.

3. В торфянике в верхнем горизонте Т1 микробное дыхание в среднем составляет  $58,2 \text{ мг CO}_2/(\text{кг}_{\text{почвы}} \cdot \text{час})$  и уменьшается до  $16,1 \text{ мг CO}_2/(\text{кг}_{\text{почвы}} \cdot \text{час})$  в нижележащих горизонтах.

4. Продукция  $\text{CO}_2$  на профиль, рассчитанная как сумма микробного и корневого дыхания, в среднем составляет  $700 \text{ мг CO}_2/(\text{профиль} \cdot \text{час})$ , что в разы превышает эмиссию с поверхности. Вклад дыхания корней составляет 13 % для полевого измерения БД и 7 % для стандартных условий.

5. При определении вклада корневого дыхания методом интеграции компонентов в общее дыхание на мерзлотных торфяных почвах, которые анизотропны по плотности, слоению, температуре и влажности, возникают методические сложности.

### Список литературы

- Трефилова, О.В. Интенсивность гетеротрофного дыхания в сосняках средней тайги: сравнительный анализ методов оценки / О.В. Трефилова // Хвойные бореальной зоны, XXIV. – 2007. – № 4–5.
- Гончарова, О.Ю. Продуцирование диоксида углерода почвами северной тайги Западной Сибири (Надымский стационар) / О.Ю. Гончарова, Г.В. Матышак, А.А. Бобрик, Н.Г. Москаленко // Криосфера Земли. – 2014. – № 2. – С. 38–46.
- Москаленко, Н.Г. Комплексный мониторинг северотаежных геосистем Западной Сибири / Н.Г. Москаленко, Т.А. Бляхарчук, О.Е. Понамарева [и др.] // Рос. Акад. Наук. Сиб. отделение, Институт криосферы Земли. – 2012.
- Смагин, А.В. Газовая фаза почв / А.В. Смагин – М.: Изд-во МГУ, 2005. – С. 266–269.

5. Masaki. Contribution of micro-organisms to the carbon dynamics in black spruce (*Picea mariana*) forest soil in Canada / Masaki, Uchida, Takayuki, Nakatsubo, Takao, Horikoshi, Kaneyuki, Nakane. // *Ecological Research*. – 1998. – № 13. – 17–26.
6. Ларионова, А.А. Дыхание корней и его вклад в эмиссию CO<sub>2</sub> из почвы / А.А. Ларионова, И.В. Евдокимов, И.Н. Курганова, Д.В. Сапронов, Л.Г. Кузнецова, В.О. ЛопесдеГереню // *Почвоведение*. – 2003. – № 2. – с. 183–194.
7. Гродницкая, И.Д. Микробная активность торфяных почв заболоченных лиственничников и болота в криолитозоне Центральной Эвенкии / И.Д. Гродницкая, Л.В. Карпенко, А.А. Кнорре, С.Н. Сырцов // *Почвоведение*. – 2013. – № 1. – С. 67–79.
8. Задорожний, А.Н. Почвенные процессы продукции, потребления и эмиссии парниковых газов / А.Н. Задорожний, М.В. Семенов, А.К. Ходжаева, В.М. Семенов // *Агрохимия*. – 2010. – № 10. – С. 75–92.
9. Кузяков, Я.В. Изотопно-индикаторные исследования транслокации углерода растениями из атмосферы в почву. Обзор / Я.В. Кузяков // *Почвоведение*. – 2001. – № 1. – С. 36–51.

**ROOT AND MICROBIAL RESPIRATION OLIGOTROPHIC PEAT SOILS  
PASCALWRITER OF PEATLANDS OF NORTHERN WEST SIBERIA**

**Timofeeva M.V., Goncharova O.Yu.**

*The components of respiration of peat oligotrophic soils in the territory of the experimental station "Nadym" (Nadym district, Tyumen region, YANAO) the paper defines The biomass of roots in peat soil is about 300 g/m<sup>2</sup>. In the upper horizon T1 microbial respiration is 58,2 mg CO<sub>2</sub>/(kg soil\*h) and decreases in the lower horizons. CO<sub>2</sub> production per profile, calculated as the sum of microbial and root respiration, is several times higher than the emission from the surface.*

## РАЗРАБОТКА АНТИСЛЕЖИВАЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ТОРФА ДЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Чертков В.А., Черткова Е.Ю.

Тверской государственной технический университет, г. Тверь, Россия,  
e-mail: lastochka-w@mail.ru

*В статье представлены результаты исследований по получению антислеживающих добавок на основе торфа и каолина, которые объединяю в себе преимущества минеральных и органических материалов. Приведены методики и оценка прочностных характеристик формованных в процессе хранения под давлением в атмосфере насыщенного пара образцов удобрений, определено процентное соотношение фракций в исходном и разрушенном материале.*

*Введение.* Многолетняя практика производства и применение минеральных удобрений свидетельствует, что наиболее трудноустраняемым неблагоприятным свойством этих продуктов является слеживаемость [1]. При хранении и транспортировке порошкообразные и гранулированные минеральные удобрения образуют твердые агломераты. Ситуацию усугубляет повышенная влажность и давление, которое оказывают верхние слои (или мешки) удобрения на нижний ярус материала. Дополнительные колебания температуры среды являются фактором циклического процесса растворения и повторной кристаллизации с образованием кристаллических мостов в точках контакта гранул.

Увеличить сыпучесть удобрений можно при помощи опудривающих минеральных добавок, полученных из гидрофильных дисперсных порошков: гипса, кизельгура, диатомита, каолина и других материалов, обладающих высокой удельной поверхностью [2]. Механизм их воздействия на изолируемый материал основан на адсорбции влаги из воздуха. Такие добавки поглощают часть свободной воды, уменьшая, тем самым, ее содержание в частицах удобрения. При этом на поверхности гранул создается защитная оболочка, исключая межфазный контакт частиц удобрения. Водопоглотительные характеристики инертных добавок повышаются за счет добавления гигроскопичных соединений (например, хлорид или нитрат кальция). Однако, при использовании инертных добавок появляется ряд недостатков, связанных со сравнительно большой их концентрацией в смеси с удобрением. Вследствие этого понижается содержание элементов питания в удобрении; увеличивается запыленность производственных помещений, сопутствующая их применению; уменьшается эффективность из-за осыпания их с поверхности гранул, а также из-за ограниченной влагоемкости компонентов добавки [1].

Таким образом, возникает необходимость разработки таких видов антислеживающих добавок, которые позволят устранить указанные выше недостатки.

*Объекты и методы.* Гидрофобно-модифицирующие добавки получают с помощью переработки торфа. Тип используемого торфа определяется востребованными антислеживающими характеристиками удобрения. В зависимости от требуемых параметров качества используется низинный, переходный и верховой тип торфа.

В состав торфа входят битумы, лигнин, водорастворимые и легкогидролизуемые вещества, целлюлоза, фульвовые и гуминовые кислоты. Битумы единственные гидрофобные компоненты, все остальные относятся к гидрофильным соединениям [3].

Для создания технологических основ получения органоминеральных антислеживателей для сыпучих материалов на основе торфа применялась комплексная методика, состоящая из двух основных этапов. На первом этапе проводили работы по получению экспериментальных образцов антислеживающей органоминеральной добавки и подготовке ее к анализу. На втором этапе проводилась оценка прочностных характеристик формованных в процессе хранения под давлением в атмосфере насыщенного пара образцов удобрений.

Гидрофобно-модифицирующие добавки на основе торфа представляют собой результат процесса низкотемпературной термохимической деструкции органического вещества диспергированного торфа (частицы размером не более 50 мкм). В способ получения добавок заложены научные принципы [4], которые можно использовать для придания антислеживающих свойств удобрениям.

В порошок минерального материала (каолин) вносился торфяной гидрофобный полуфабрикат, изготовленный из верхового пушицево-сфагнового торфа со степенью разложения 25-30 %. Данный торф был использован в связи с тем, что в нем находится достаточное количество битумных нативных соединений и этот вид торфа достаточно распространен в России.

Концентрация торфяной добавки составляла 10 %. Далее, для увеличения дисперсности частиц и равномерности их перемешивания, а также создания условий для образования первичных адгезионных контактов, смесь помещалась в шаровую керамическую мельницу, в которой осуществлялся ее дополнительный помол в течение 5 минут со скоростью 56-60 об/мин. Выбор параметров осуществлялся исходя из конструктивных особенностей мельницы, а также оптимальных качественных характеристик органоминеральной смеси.

Полученная двухкомпонентная смесь активировалась в лабораторной реакторной установке. При проведении активации на поверхности минеральных частиц каолина обрабатываемых материалов формируется защитное водоотталкивающее пленочное покрытие из выделяемых при термической обработке битумных соединений. Наличие пленки не оказывает отрицательного влияния на сыпучесть порошка.



В дальнейшем полученную гидрофобную композиционную смесь использовали для обработки минеральных удобрений: аммиачной селитры и карбамида.

Для моделирования процесса хранения под давлением контрольный и экспериментальные образцы удобрений засыпались в специальные устройства. Устройство состоит из внутреннего разъемного и внешнего цилиндров. Снизу цилиндров находится металлическое основание, а сверху крышка с поршнем.

Подготовка образцов минеральных удобрений с органоминеральным антислеживателем концентраций осуществлялась следующим образом. Контрольный образец удобрения с заранее определенной массой засыпался в пластиковый контейнер. Экспериментальные образцы, в которые дополнительно вносился антислеживатель в определенной концентрации (по массе) также засыпались в отдельные контейнеры. Далее они помещались в эксикатор, в котором поддерживалась относительная влажность воздуха  $\varphi = 100\%$  и выдерживались в течение 24 часов над поверхностью воды.

По истечении 24 часов увлажненные контрольный и экспериментальные образцы удобрений (по 3 пробы на каждую концентрацию) засыпались во внутреннее пространство устройства для определения слеживаемости дисперсных материалов. После этого сверху поршня устанавливался груз массой 5 кг и образцы помещались в сушильный шкаф.

Хранение образцов под давлением осуществлялось в течение 20 суток при 12 часовой смене циклов «нагрев – охлаждение». Температура нагрева составляла  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , охлаждение – до  $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (комнатная температура). Таким образом 12 часов в сутки образцы нагревались и 12 охлаждались.

По истечении 20 суток спрессованные образцы удобрений извлекались из внутреннего пространства устройства для последующего статического (на прессе) и импульсного разрушения.

Статическая прочность образцов обусловлена их сопротивлением разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих под воздействием внешних сил.

Расчет прочности производился по формуле:

$$R = \frac{F}{S},$$

где  $F$  – разрушающая сила, Н, а  $S$  – площадь поперечного сечения образца.

Разрушающая нагрузка определялась на гидравлическом прессе по показанию манометра, а площадь поперечного сечения рассчитывалась по формуле площади круга. Диаметр определялся штангенциркулем.

Для определения импульсного разрушения использовалась установка (рис. 1). Образцы контрольный и с концентрацией 3 %, 5 %, 10 % сбрасывались из цилиндров через

пластиковую трубку, закрепленную на штативе, в эксикатор с высоты 143 см. Затем содержимое эксикатора отправлялось на сито с круглыми отверстиями диаметром 3 мм для проведения ситового анализа. Масса каждой фракции, включая подрешетный продукт, определялся с помощью электронных весов.

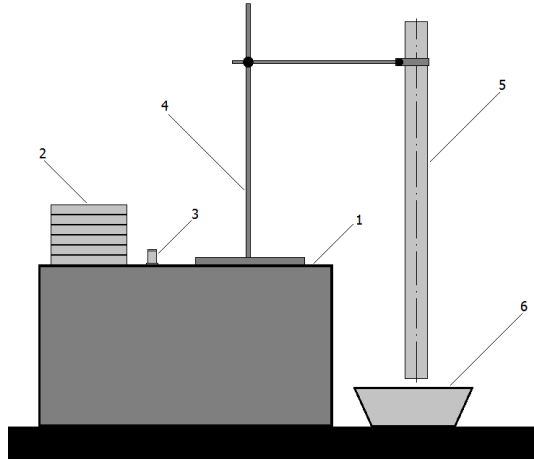


Рисунок 1. Экспериментальная установка для определения слеживаемости образцов сыпучих материалов: 1 – подставка; 2 – набор сит; 3 – экспериментальный образец; 4 – штатив; 5 – полая труба; 6 – кристаллизатор.

Перед испытанием на статическую и динамическую прочность образцы осторожно извлекались из внутренних цилиндров устройств таким образом, чтобы сохранить свою целостность. Для контрольного образца это практически всегда удавалось, поскольку контакты между гранулами удобрения были достаточно прочными. Для экспериментальных образцов требовалась особая аккуратность, так как опудривающий агент значительно понижал поверхностное сцепление гранул.

Далее образец устанавливался на гидравлический пресс, на котором проводилось его одноосное сжатие. Как только происходило разрушение – фиксировалась разрушающая нагрузка по манометру.

*Результаты исследования и обсуждение.* Исследования прочностных свойств органоминеральных антислеживателей сыпучих материалов, показывает, что контрольный образец под влиянием температурного и влажностного режимов был повержен максимальному слеживанию за счет образования контактов между минеральными частицами. С внесение антислеживателя агломерационная способность материала уменьшается по мере увеличения концентрации добавки: при 3 % – в 1,5 раза; при 5 % – в 6,1 раза; при 10 % – в 15,3 раза.

Основным недостатком рассмотренного выше и применяемого при производстве минеральных удобрений метода испытаний является высокая доля субъективных факторов при оценке степени разрушения образца.

Для увеличения объективности оценки была применена методика проведения экспериментов с использованием импульсного (динамического) разрушения образцов. Предварительная визуальная оценка позволяет составить предварительное представление эффективности использования антислеживающей добавки – в отдельных экспериментах обработанные образцы удобрений разрушались полностью. Основным критерием является устойчивое разрушение контрольного образца. Эксперимент был спланирован с таким учетом, что величина импульса в точке соприкосновения образцов с кристаллизатором сохранялась практически постоянной.

В начале эксперимента по определению процентного соотношения фракций в исходном и разрушенном материале проводился отсев нижнего класса минерального удобрения (карбамида) на сите с диаметром круглой ячейки 3 мм. В дальнейшем только нижний класс этого удобрения подвергался обработке гидрофобно-модифицированным каолином. После проведения всех процедур, моделирующих процесс хранения удобрений, в соответствии с методикой эксперимента, образцы подвергались импульсному разрушению. Из полученной разрушившейся массы извлекался самый крупный кусок, масса которого после взвешивания заносилась в таблицу. А общая масса остатка снова рассеивалась на сите.

Таблица 1. Процентное соотношение фракций в исходном материале и разрушенном образце

Вид образца	Масса эталонного образца	Масса нижнего класса	Масса верхнего класса	Масса самого крупного куска	Общая масса остатка	Масса нижнего класса	Масса верхнего класса
Образец с концентрацией 3 %	50,37	39,68	10,64	9,85	20,17	15,06	5,05
Образец с концентрацией 5 %	50,00	39,47	10,43	15,47	14,33	10,37	3,92
Образец с концентрацией 10 %	50,35	38,28	12,07	14,22	14,81	11,45	3,36
Контрольный образец	50,23	48,34	1,89	24,15	6,90	4,17	2,72

Анализ данных показывает, что у контрольного образца под влиянием температурно-влажностного режима произошло наибольшее слеживание, о чем свидетельствует масса самого крупного куска, оставшегося при разрушении контрольного образца. Она равняется 24,15 г, что составляет 77,8 % от его общей массы. Масса верхнего класса остатков удобрения равняется 2,72 г. Таким образом, в сумме с крупным куском это показывает, что удельное содержание слежавшегося удобрения составило 86,5 %.

В экспериментальных образцах масса самых крупных кусков варьирует от 9,85 до 15,47 г. Причем пропорциональная зависимость от концентрации антислеживателя не наблюдается. Тем не менее, удельное содержание слежавшегося гидрофобно-модифицированного удобрения составило (в зависимости от концентрации добавки) от 30 до 65 %, что в 1,33-2,88 раза меньше, по сравнению с контрольным образцом. Необходимо отметить, что изначально (эталонный образец) в контрольном образце удельный вес верхнего класса был минимален. Повторный эксперимент подтвердил ранее полученные данные.

Воздействие разработанной антислеживающей добавки на минеральное удобрение при хранении показала, что при минимальной концентрации антислеживателя 5 % сыпучесть продукта увеличивается более чем в 6 раз.

*Заключение.* Таким образом, разработанные составы экологически чистых антислеживающих добавок на основе торфа и каолина, снижают слеживаемость минеральных удобрений, увеличивая сроки хранения и не понижая в них содержание элементов питания. Гидрофобно-модифицирующие добавки позволяют организовать производство удобрений в промышленных условиях без изменения применяемых технологических процессов.

### Список литературы

1. Доходова, Ю.Б., Кармышов, А.Н., Сидорина, Л.В. Разработка снижения слеживаемости удобрений. – М.: Химия, 1977. – 239 с.
2. Романов, Н.Ю. Использование антислеживателей в производстве минеральных удобрений / Н.Ю. Романов, В.З. Пойлов, С.В. Шишова // «Наука в решении проблем Верхнекамского промышленного региона». – Березники, 2005. – Вып.4. – С. 236–241.
3. Раковский, В.Е. Общая химическая технология торфа / В.Е. Раковский. – М.-Л., 1949. – 363 с.
4. Мисников, О.С. Физико-химические основы гидрофобизации минеральных вяжущих материалов добавками из торфяного сырья / О.С. Мисников // ТОХТ. – 2006. – Т. 40. – № 4. – С. 455–464.

### DEVELOPMENT OF ANTI-COMPOSITE ADDITIVES BASED ON PEAT FOR MINERAL FERTILIZERS Chertkov V.A., Chertkova E.Y.

*The article presents the results of studies on the production of anticaking additives based on peat and kaolin, which combine the advantages of organic and mineral materials. The methods and evaluation of the strength characteristics of fertilizer molded during the storage under pressure in the atmosphere of saturated fertilizer samples are given, the percentage of fractions in the initial and destroyed material is determined.*

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Чуванов С.В., Тархов М.О.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,  
Россия, e-mail: stas.chuванov@gmail.com

*В условиях Западной Сибири поставлен полевой эксперимент по увлажнению торфяной почвы, исследованы гидрологический и температурный режимы, измерена эмиссия CO<sub>2</sub>. В лаборатории изучено влияния влажности на показатели микробиологической активности (базальное дыхание). Показано, что увеличение влажности для горизонта T1 (20,5-2490,7 %) и T2 (11,9-363,8 %) усиливает биологическую активность почвы и у T1 (0,41-15,5 мкг С-CO<sub>2</sub>/г\*час) и у T2 (0,02-3,27 мкг С-CO<sub>2</sub>/г\*час), а негативный тренд выявлен на крайних стадиях осушения, но не выявлен при переувлажнении. Таким образом, в условиях меняющегося климата ускорение минерализации органического вещества может происходить, в том числе, за счет увеличения влажности торфяных экосистем.*

*Введение.* Торфяники хранят до 30 % мирового запаса почвенного углерода. [1]. До недавнего времени влияние глобального потепления на углеродный цикл криогенных экосистем рассматривалось в первую очередь с точки зрения повышения температуры почв и таяния многолетнемерзлых пород, в результате чего органический углерод (С) подвергается разложению почвенными микроорганизмами и происходит эмиссия С в форме CO<sub>2</sub> или CH<sub>4</sub>, являющиеся парниковыми газами. При определенных условиях северные экосистемы из поглотителя парниковых газов могут стать их источником, что существенно повлияет на баланс CO<sub>2</sub> в атмосфере.

Однако в тени оставалась такая важная характеристика, как влажность почв, которая также может существенно меняться при потеплении и значительно влиять на биологическую активность почв, а значит и разложение органического вещества. Таяние мерзлоты может привести как к переувлажнению почвы, так и к ее осушению из-за опускания уровня грунтовых вод [2]. На осушенных участках в свою очередь может усилиться процесс минерализации органического вещества, в ходе которого может произойти дополнительное высвобождение CO<sub>2</sub> в атмосферу. Переувлажнение наоборот может снизить эмиссию CO<sub>2</sub> и стимулировать выделение CH<sub>4</sub>. Оба этих процесса, в свою очередь, могут усилить парниковый эффект. Изменение влажности почв Севера может оказывать даже больший эффект на минерализацию органического вещества почв, чем повышение температуры. [3,4] Соответственно, динамика влажности влияет на биологическую активность торфяных почв Севера, что и определяет актуальность данной работы.

Цель работы. Изучить влияние влажности на биологическую активность почв бугристых торфяников севера Западной Сибири.

Задачи:

1. Изучить особенности функционирования почв бугристых торфяников (гидрологический и температурный режимы, эмиссия CO<sub>2</sub>).
2. В полевых условиях с помощью манипуляционного эксперимента изучить влияние увеличения влажности на эмиссию CO<sub>2</sub> из торфяных почв.
3. В лабораторных условиях изучить влияние влажности на микробиологическую активность образцов торфяных почв.

*Объекты и методы исследований.* Исследования проведены на севере Западной Сибири (Надымский район, Тюменская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, E72°51'04,20" N65°17'43,36") в 30 км к юго-востоку от города Надым в зоне северной тайги на участке плоскобугристого торфяника. Район исследований находится на южной границе распространения прерывистой мерзлоты.

Экспериментальный участок представлен плоскобугристым торфяником, сформированным за счет поднятия массивов болотных экосистем под действием криогенного пучения, Почвенный покров развивается в полугидроморфных и автоморфных условиях. [5]. Растительность представлена мхами, лишайниками, кустарничками, характерными для тундры.

Объект исследования – торфяная-эутрофная почва (ТЕ-ТТ). Характеризуется залегающим под очесом мхом и остатками травянистой растительности (мощность 10-20 см). Диагностируется эутрофно-торфяным горизонтом бурого цвета, мощностью до 50 см. Степень разложения торфа не превышает 50 %, но, как правило, она выше, чем в олиготрофно-торфяном горизонте. Горизонт подстилается хорошо разложившейся торфяной толщей темно-коричневого цвета и сменяется органогенной породой [6].

Для решения поставленных задач использовали следующие методы:

Полевые методы. Измерение объемной влажности и температуры почв в слое 0-20 см проводилось с помощью полевого влагомера TDR-100 (Spectrum) и термозондов в рамках манипуляционного эксперимента. Измерение эмиссии CO<sub>2</sub> проводилось методом закрытых камер [7].

Лабораторные методы. Измерение микробиологической активности почв проводили с применением метода базального дыхания (БД) [8].

В полевых условиях с 7 по 15 августа 2017 года на участке бугристого торфяника поставлен эксперимент, в ходе которого в течение 2-х недель через день проводилось манипуляционное увлажнение торфяно-эутрофной почвы (увлажнение проводилось в 4-х кратной повторности) дистиллированной водой объемом 2 литра. Контроль осуществлялся без полива в 2-х кратной повторности. На следующий день после полива проводилось измерение

эмиссии CO<sub>2</sub> методом закрытых камер на экспериментальных и на контрольных участках. По окончании эксперимента отобраны образцы торфяных горизонтов почв с контрольного участка для лабораторных работ. Первый образец отобран из горизонта T1, представлявшего собой сфагновый слаборазложенный торф мощностью 20 см. Второй образец отобран из горизонта T2 с глубины 10-15 см, представлявший собой сильноразложенный слоистый темно-коричневый сильноволокнистый ерниково-осоковый торф с прослоями березовой коры.

Лабораторный эксперимент проведен для образцов торфа из горизонтов T1 и T2 (n=10), которые отличаются по степени разложения, ППВ, ботаническому составу (табл. 1).

Таблица 1. Свойства горизонтов

Горизонт	T1	T2
pH <sub>H2O</sub>	4,3	4,6
Собщ, %	43,6	42,1
Нобщ, %	1,0	0,9
Степень разложения, %	25-35	40-50
ППВ, %	2490,7	363,8

Образцы гомогенизировались, помещались во флаконы объемом 125 мл и доводились до массовой влажности в диапазоне от 20 до 110 % ППВ путем высушивания или увлажнения. Затем флаконы с образцами прединкубировались в течение 3 суток. После этого в 3-х кратной повторности для каждого уровня влажности измерено фоновое значение эмиссии CO<sub>2</sub>. Далее образцы инкубировались сутки – по завершении инкубации повторно измерялось конечное значение эмиссии CO<sub>2</sub>. Базальное дыхание рассчитывалось по стандартной формуле [7].

*Результаты и обсуждения. Полевой этап.* В исследованный период эмиссия CO<sub>2</sub> на контрольных участках характеризовалась величинами от 25,5 до 61,6 мгCO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/час, при незначительном колебании температуры (8,5-9,5 °С) и объемной влажности (23-29,3 %) (табл. 2).

Таблица 2. Эмиссия CO<sub>2</sub> и влажность на контрольных участках

Сутки	Эмиссия CO <sub>2</sub> , мгCO <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> /час (без полива)	W, %
07.08.2017	45,2	25,9
08.08.2017	28,9	25,9
09.08.2017	25,5	26,2
10.08.2017	41,0	23,0
11.08.2017	32,1	26,3
12.08.2017	61,6	26,3
13.08.2017	56,2	26,3
14.08.2017	35,4	29,3

Установлено, что в результате увлажнения эмиссия увеличивается с 40,5 до 191,4 мгCO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/час одновременно с ростом влажности от 23,8 до 38 %. При этом температура изменялась незначительно (8-10 °С) (табл. 3).

Таблица 3. Эмиссия CO<sub>2</sub> и влажность на экспериментальных участках

Сутки	Эмиссия CO <sub>2</sub> , мгCO <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> /час (с поливом)	W, %
07.08.2017	49,6	23,8
08.08.2017	40,5	25,1
09.08.2017	52,8	26,8
10.08.2017	45,3	26,9
11.08.2017	86,6	28,4
12.08.2017	121,1	28,4
13.08.2017	149,9	37,4
14.08.2017	191,4	38,0

*Лабораторный этап.* Базальное дыхание горизонтов Т1 и Т2 существенно отличается, отражая специфику горизонтов, составляя при естественной влажности (табл. 4) для Т1 – 15,45 и для Т2 - 2,33 мкг С-CO<sub>2</sub>/г\*час.

Таблица 4. Показатели различных типов влажности исследованных горизонтов

Горизонт	Гигроскопическая, %	Естественная, %	ППВ, %
Т1	20,5	746	2490,7
Т2	11,9	206,9	363,8

Базальное дыхание обоих типов торфа значительно увеличивается по мере увеличения влажности. Так для Т1 характерны минимальные значения БД (0,41-0,59 мкг С-CO<sub>2</sub>/г\*час) при величине влажности, близкой к гигроскопической (20,5-25,2 %). Базальное дыхание резко увеличивается от 1,7 до 7,9 мкг С-CO<sub>2</sub>/г\*час при значениях влажности 46,0-198,6 % с дальнейшим плавным ростом вплоть до 15,5 мкг С-CO<sub>2</sub>/г\*час и выходом на плато при достижении влажности в 773,4 % (рис. 1).



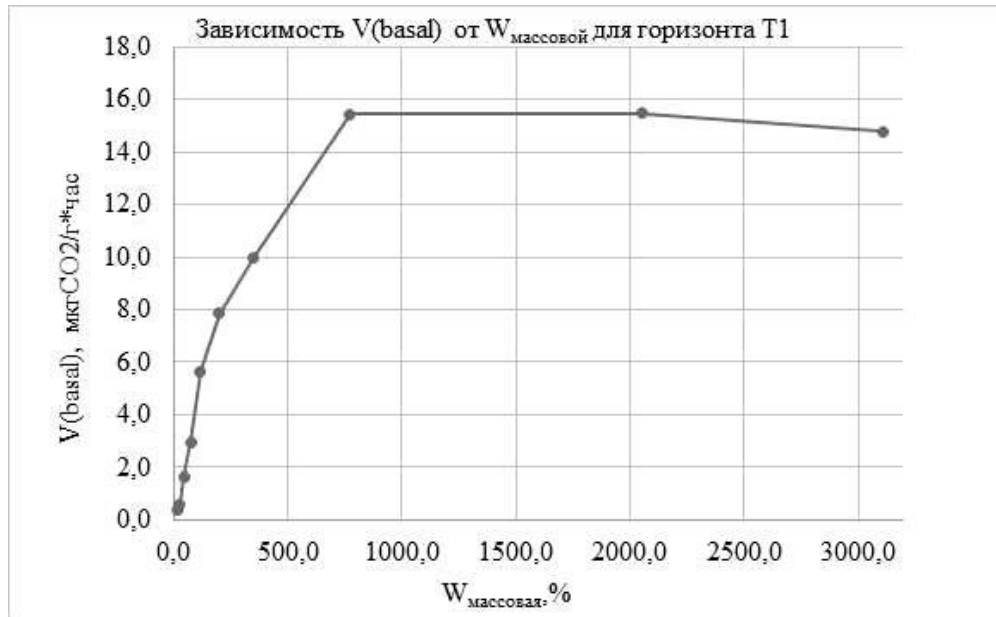


Рисунок 1. Зависимость базального дыхания от массовой влажности для горизонта Т1.

Для горизонта Т2 тренд оказался сходным с Т1 – наблюдалось увеличение БД от 0,02 до 3,27 мкг С-СО<sub>2</sub>/г\*час по мере увеличения влажности от 11,9 % до 495,6 %, но не наблюдалось выхода на плато. Для горизонта Т2 отмечен непрерывный рост в том числе и при значениях, превышающих 100 % ППВ (рис. 2)

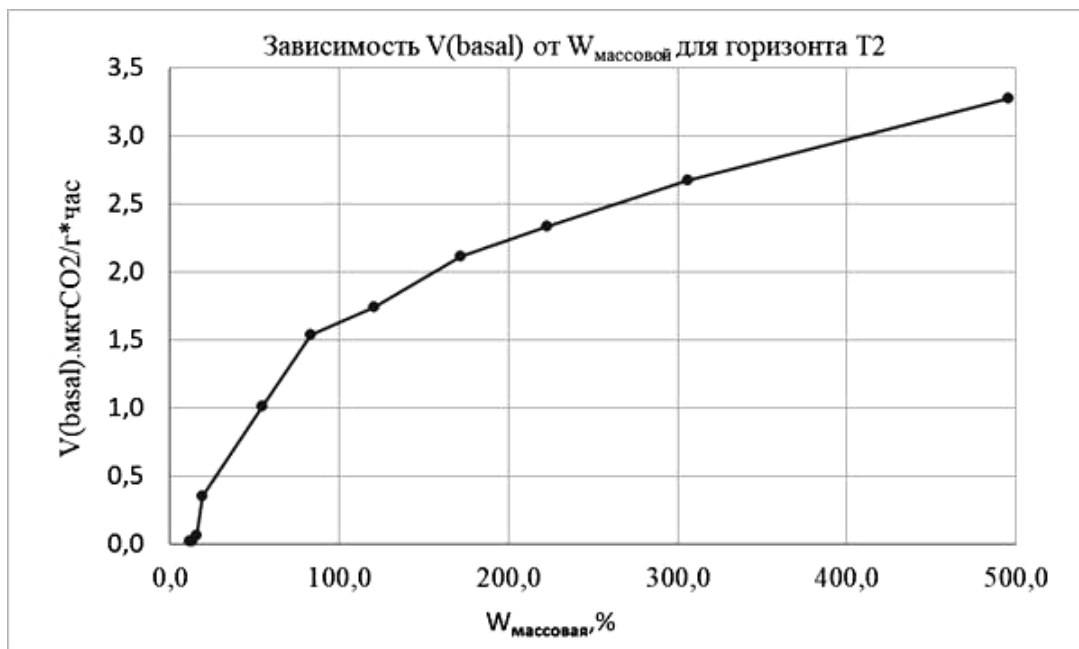


Рисунок 2. Зависимость базального дыхания от массовой влажности для горизонта Т2.

Общепринято, что интервал 50-60 % ППВ является оптимальным уровнем влажности для микробиоты, а значения выше или ниже этого интервала приводят к снижению активности микроорганизмов [9]. Однако, в нашем исследовании негативного тренда при переувлажнении не наблюдалось, и чтобы понять, является ли это особенностью торфа либо имеет место методическая ошибка, был проведен дополнительный эксперимент.

Учитывая небольшие массы навески образца, было проверено предположение о невозможности достижения анаэробных условий в них при 100 % ППВ. Проведен эксперимент с образцами торфа Т2 в инкубационных флаконах разного объема при влажности образца 100 % ППВ (503,1 %). Задачей было выявление влияния соотношения массы образца и объема газовой фазы на значение БД. Для этого одинаковые навески торфа были помещены во флаконы на 125 мл, 250 и 850 мл. Контроль эксперимента проведен в 125 мл флаконах с навеской торфа естественной влажности (231,8 %). Измерения БД проведены в трехкратной повторности.

Эксперимент показал, что значения БД незначительно варьируют в зависимости от объема флакона, так в флаконе на 125 мл - 6 мкг С-СО<sub>2</sub>/г\*час, на 250 мл – 6,7 мкг С-СО<sub>2</sub>/г\*час, на 850 мл – 5,1 мкг С-СО<sub>2</sub>/г\*час, достигая максимальных значений во флаконе на 250 мл. При этом в большинстве случаев значения были выше контрольных (4,6 мкг С-СО<sub>2</sub>/г\*час), что означало отсутствие негативного влияния переувлажнения.

По результатам эксперимента можно предположить, что специфика реакции торфяных образцов обусловлена в первую очередь свойствами торфа, а не методическими особенностями проведения эксперимента.

*Заключение.* Повышение уровня влажности в условиях полевого эксперимента существенно увеличивает величину эмиссии СО<sub>2</sub> (в 5 раз) с поверхности торфяных почв. Лабораторный эксперимент показал, что образцы торфа с разными свойствами отличаются значениями биологической активности, однако характеризуются схожими трендами увеличения микробиологической активности по мере роста влажности. Оптимум влажности для микробиологической активности образцов торфа как таковой отсутствует. Биологическая активность увеличивается по мере роста влажности до величин 100 % ППВ и выше, что вероятно обусловлено спецификой торфа как субстрата, Таким образом полученные данные свидетельствуют о существенной роли влажности в биологической активности почвы. При потеплении и возможном таянии мерзлоты ускорение минерализации органического вещества может происходить в том числе и за счет увеличения влажности торфяных экосистем. В случае дренирования торфяных экосистем снижение влажности сказывается слабо – негативное влияние на биологическую активность почв возможно только на крайних стадиях осушения.

#### **Список литературы**

1. Chivers, M. R. Effects of experimental water table and temperature manipulations on ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes in an Alaskan rich fen / M.R. Chivers, M.R. Turetsky, J. M. Waddington, J.W. Harden // *Ecosystems* – 2009. – № 12. – P. 1329–1342.
2. Natali, S.M. Permafrost thaw and soil moisture driving CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> release from upland tundra / S.M. Natali // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. – 2015. – № 120. – P. 525–537.
3. Hicks Pries Caitlin, E. Moisture drives surface decomposition in thawing tundra / E. Hicks Pries Caitlin, E.A.G. Schuur, G. Vogel Jason, M. Natali Susan // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. – 2013. – 118. – P. 1133–1143.
4. Sjögersten, Sofie, Small-scale hydrological variation determines landscape CO<sub>2</sub> fluxes in the high Arctic / Sofie Sjögersten, Rene van der Wal, Woodin Sarah. // *Biogeochemistry*. – 2006. – 80. – P. 205–216.
5. Матышак, Г.В. Особенности развития почв гидроморфных экосистем северной тайги западной Сибири в условиях криогенеза / Г.В. Матышак, Л.Г. Богатырев, О.Ю. Гончарова, А.А. Бобрик // *Почвоведение*. – 2017. – № 10. – С. 1155–1164.
6. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова – Смоленск: Ойкумена, 2004. – С. 260.
7. Смагин, А.В. Газовая фаза почв / А.В. Смагин – М.: Изд-во МГУ, 2005. – С.266–269.
8. Ананьева, Н.Д. Методические аспекты определения скорости субстрат-индуцированного дыхания почвенных микроорганизмов / Н.Д. Ананьева, Е.В. Благодатская, Д.Б. Орлинский // *Почвоведение*. – 1993. – № 11. – С. 72–77.
9. Добровольская, Т.Г. Функционирование микробных комплексов в верховых торфяниках — анализ причин медленной деструкции торфа / Т.Г. Добровольская, А.В. Головченко, Д.Г. Звягинцев, Л.И. Инишева [и др.] – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – С. 80–81.

**THE EFFECT OF HUMIDITY ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF PEAT SOILS  
IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA  
Chuvanov S.V., Tarkhov M.O.**

*In the conditions of Western Siberia, a field experiment on moistening peat soil was conducted, hydrological and temperature regimes were investigated, and CO<sub>2</sub> emission was measured. The laboratory studied the effects of humidity on microbiological activity (basal respiration). It was shown that the increase in humidity for the horizon T1 (20,5-2490,7 %) and T2 (11,9-363,8 %) increases the biological activity of the soil and T1 (0,41-15,5 µg C-CO<sub>2</sub>/g\*h) and T2 (0,02-3,27 µg C-CO<sub>2</sub>/g\*h). A negative trend was revealed at the extreme stages of drainage, but it was not revealed during waterlogging.*

**РАЗНООБРАЗИЕ РАКОВИННЫХ АМЕБ В СФАГНОВЫХ БОЛОТАХ  
СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

**Юшковец С.Ю.<sup>1</sup>, Цыганов А.Н.<sup>2</sup>, Зенкова И.В.<sup>3</sup>, Боровичев Е.А.<sup>3</sup>,  
Мазей Н.Г.<sup>2</sup>, Бабешко К.В.<sup>1</sup>, Есаулов А.С.<sup>1</sup>, Мазей Ю.А.<sup>2</sup>, Чернышов В.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия,  
e-mail: aldan-viktor@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,  
Россия, e-mail: andrey.tsyganov@bk.ru

<sup>3</sup> Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты,  
Россия, e-mail: zenkova@inper.ksc.ru

*Изучен видовой состав сфагнобионтных раковинных амёб в болотах подзоны северной тайги на территории Мурманской области и республики Карелия (Россия). Обнаружено 39 видов и внутривидовых таксонов. Самыми обильными видами были: *Hyalosphenia papilio*, *Archerella flavum*, *Nebela tinctoria*, *Hyalosphenia elegans*, *Assulina muscorum*, *Arcella catinus*, *Nebela militaris*. Виды *N. tinctoria*, *A. muscorum* и *H. papilio* характеризовались высокой встречаемостью и были обнаружены более чем в 80 % изученных образцов. Доминантные виды являются типичными сфагнобионтами или эврибионтами с широким географическим распространением. Основную роль в дифференциации сообществ сфагнобионтных раковинных амёб в исследованных экосистемах играют особенности гидрологического режима.*

*Введение.* Раковинные амёбы – группа одноклеточных эукариотических организмов, населяющих водную среду, почву, сфагновые болота. На олиготрофных болотах раковинные амёбы могут формировать до половины биомассы организмов, выполняя важную роль в функционировании торфяников [1]. Эти организмы все чаще используются в качестве биоиндикаторов условий увлажнения при проведении палеоэкологических реконструкций [2, 3]. Палеоэкологические методы базируются на информации об экологических предпочтениях этих организмов в современных условиях. Изучение разнообразия и распространения раковинных ризопод в ранее неисследованных регионах повышает точность проводимого ризоподного анализа. Целью настоящей работы явилось изучение видового состава сфагнобионтных раковинных амёб в болотах, расположенных в подзоне северной тайги на территории Кольского полуострова и республики Карелия.

*Материал и методика.* Материал был собран 21-25 июня 2017 года на пяти болотных участках в окрестностях города Апатиты в центральной части Мурманской области (болота 1-3) и Беломорской биологической станции МГУ на севере Карелии (болота 4-5).

**Болото 1**, юго-восточное побережье озера Экостровская Имандра (67,52851° с.ш., 33,32871° в.д.). Мезо-олиготрофный участок, глубина торфяной залежи 0,7 м, рН в мочажинах 5,80, рН на кочках 4,59. Древесный ярус сформирован *Pinus sylvestris*, *Betula* sp., в кустарничковом ярусе: *Betula nana*, *Vaccinium myrtillus*, *V. micricarpum*, *Andromeda polifolia*, *Menyanthes trifoliata*, *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum vaginatum*.

**Болото 2**, юго-восточный берег озера Тикозеро (67,490993° с.ш., 33,364993° в.д.). Мезо-олиготрофный участок, глубина торфяной залежи в исследованной части 0,9 м, рН в мочажинах 6,05, рН на кочках 5,98. Произрастают редкие невысокие экземпляры *P. sylvestris*, в кустарничковом ярусе *Betula nana*, *Vaccinium myrtillus*, *V. microcarpum*, *Andromeda polifolia*, *Menyanthes trifoliata*.

**Болото 3** близ озера Чёрное (67,46239° с.ш., 33,45513° в.д.). Мезо-олиготрофный участок, торфяная залежь глубиной 1,5 м подстиляется песком с крупными камнями, рН в ручье 5,27, рН в выжимке из сфагнома 5,03. Древостой неоднородный, открытые участки чередуются с участками, покрытыми *P. sylvestris* (высота взрослых деревьев 6-8 м).

**Болото 4** – «Верхнее» (66,544159° с.ш., 33,09372° в.д.). Заболачивающееся озеро с развитой прибрежной сфагновой сплавиной. В растительности сплавины визуально выделяется три зоны: краевая, срединная сухая и периферийная обводненная, рН на кочке 3,61, рН в мочажине 6,28. Краевая зона представляет собой сосново-кустарничко-сфагновую ассоциацию. Древесный ярус сформирован невысокими (2-6 м) отдельно стоящими (проективное покрытие 0,1) соснами *P. sylvestris*, кустарничковый ярус – *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*. Среди трав присутствует морощка. Моховой покров представлен видами *Sphagnum* sp. и *Cladonia* sp. В срединной зоне сосны более редкие по сравнению с краевой зоной, присутствуют сухие стволы. В кустарничковом ярусе те же виды, что и в краевой зоне, за исключением *E. nigrum*. Среди трав встречается *Carex* sp. В мохово-лишайниковом покрове *Sphagnum* sp. и *Cladonia* sp. Сильно обводненная периферийная зона представляет собой осоково-сфагновую ассоциацию с редкими кочками. Наряду с выше перечисленными видами обнаружен *Andromeda polifolia*.

**Болото 5** – «Водопроводное» (66,543467° с.ш., 33,107616° в.д.). Мезо-олиготрофная сплавина замкнутого зарастающего озера. Сплавина граничит с водоемом в северной части, протягиваясь на юг с возвышением. Обращенная к озеру часть сплавины сильно обводненная, мезотрофная, кочковато-мочажинная. Древесный ярус сформирован редкими соснами *P. sylvestris* высотой 2-8 м. На кочках кустарничково-сфагновые ассоциации, в которых кустарничковый ярус включает *Calluna vulgaris*, *Betula nana*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Eriophorum vaginatum*, *Rubus chamaemorus*, *Drosera rotundifolia*. В моховом ярусе преобладает *Sphagnum* sp. с примесью *Cladonia* sp. Мочажины травяно-сфагновые, образованы *Carex* sp., *Trichophorum cespitosum*, *Drosera rotundifolia*, *Sphagnum* sp. В средней части сплавина сосново-кустарничково-сфагновая с восточной части и травяно-сфагновая в западной части. Поверхностные пробы для исследования отобраны на нескольких участках: - ровном открытом участке с преобладанием сфагнома, среди которого также встречаются *Betula nana*, *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Rubus chamaemorus*, *Menyanthes trifoliata*,

*Vaccinium oxycoccos*; - в сосново-кустарничково-сфагнутой ассоциации с кочковатой поверхностью (кочки невысокие, до 0,3 м), в древесном ярусе *P. sylvestris* (отдельно стоящие стволы высотой 1-6 м, проективное покрытие 0,2), среди кустарничков *Calluna vulgaris*, *Andromeda polifolia*, *Empetrum nigrum*, сфагнуто-лишайниковый покров сформирован *Sphagnum* sp. и *Cladonia* sp.

Биотопы для отбора проб на ризоподный анализ выбирали в пределах каждого болота таким образом, чтобы с большей вероятностью охватить полное многообразие исследуемых местообитаний. В каждом биотопе отбирали образцы сфагновых мхов (объем ~ 30 см<sup>3</sup>, в количестве от 10 до 19 проб), выделенные из общего мохового покрова схожего размера (глубина ~ 10 см). Всего было отобрано 63 образца.

В лаборатории пробы для изучения видового состава сообществ раковинных амёб готовили согласно методике, основанной на фильтровании и отстаивании водных вытяжек. Навеску образца взвешивали на электронных весах, помещали в чашках Петри в сушильный шкаф на пять часов при температуре +60 °С. После высушивания образец взвешивали повторно для определения влажности. Сухой образец помещали в колбу с водой, объёмом 200 мл, встряхивали в течение 10 минут, переливали через сито с диаметром ячеек 300 мкм в мерный стакан, доводили объём образца до 500 мл и оставляли для отстаивания на 12 часов. По истечению времени из мерного стакана убирали надосадочную жидкость (400 мл), оставшийся осадок объёмом 100 мл переливали в мерный цилиндр и отстаивали на протяжении 12 часов. Затем из цилиндра сливали надосадочную жидкость (92 мл) и переносили осадок (8 мл) в пенициллиновые флаконы, добавив 1 мл 4 % раствора формалина и 1 мл эритрозина, доводя таким образом объём пробы до 10 мл. По 1 мл каждого образца пипеткой переносили на чашку Петри диаметром 60 мм. Количественный учет и видовую идентификацию раковинных амёб [4] в суспензии проводили путем прямого микроскопирования на оборудовании Биомед-6ПР при увеличении ×200 в 200-х полях зрения. Для каждого образца учет был выполнен в трёх повторностях.

*Результаты.* В исследованных образцах выявлено 39 видов и внутривидовых таксонов раковинных амёб (табл.). Общее число видов в экосистемах разных болот было сопоставимо и изменялось в пределах от 21 (болото 5) до 27 (болото 3). Среднее число видов в пробе также несущественно различалось между болотами и находилось в пределах от 9,1 до 11,9. Минимальное число видов в пробе (5) было обнаружено в Болоте 3, а максимальное (18) – в Болоте 2. В остальных болотах минимально число видов было не ниже 7, а максимальное – не выше 15.

Таблица. Видовой состав, встречаемость и относительное обилие ракообразных амеб (%)

Таксон	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Arcella artocrea</i>	4.8	0.8	37.7	0.3	0.0	2.3	0.0	0.0
<i>Arcella catinus</i>	58.7	3.2	62.1	1.6	0.0	3.9	6.4	1.2
<i>Archerella flavum</i>	79.4	18.1	51.4	9.0	10.9	16.0	25.4	24.9
<i>Archerella jollyi</i>	1.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Argynnia dentistoma</i>	47.6	5.0	48.7	12.6	11.7	4.1	0.1	1.7
<i>Assulina muscorum</i>	81.0	4.9	44.9	6.9	1.4	4.3	5.5	6.0
<i>Assulina quadratum</i>	3.2	0.1	3.4	0.3	0.0	0.1	0.1	1.7
<i>Assulina seminulum</i>	17.5	0.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Centropyxis aculeata grandis</i>	9.5	0.2	3.2	0.0	1.1	0.1	0.0	0.0
<i>Centropyxis aculeata oblonga</i>	41.3	2.5	26.8	4.1	9.6	1.7	0.3	0.2
<i>Centropyxis aerophila</i>	23.8	1.0	11.5	3.4	1.8	0.9	0.0	0.0
<i>Centropyxis laevigata</i>	17.5	1.3	24.1	0.6	0.3	2.3	1.5	0.6
<i>Centropyxis orbicularis</i>	3.2	0.2	6.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Corythion dubium</i>	31.7	2.3	28.1	7.5	1.5	1.7	0.0	2.4
<i>Cyclopyxis arcelloides</i>	33.3	1.2	9.1	1.2	0.0	0.6	1.9	2.4
<i>Cyphoderia ampulla</i>	19.0	1.1	17.2	2.4	5.4	0.0	0.0	0.1
<i>Diffugia bacillifera</i>	11.1	0.7	13.8	2.1	0.6	0.7	0.4	0.0
<i>Diffugia leidy</i>	4.8	0.4	12.9	0.0	0.0	0.4	1.2	0.0
<i>Euglypha ciliata</i>	9.5	0.3	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
<i>Euglypha compressa</i>	39.7	1.7	17.2	2.3	1.9	1.2	1.9	1.6
<i>Euglypha cristata</i>	1.6	0.0	1.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
<i>Euglypha rotunda</i>	7.9	0.4	15.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Euglypha strigosa</i>	44.4	2.8	39.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
<i>Euglypha strigosa heterospina</i>	1.6	0.1	4.4	0.2	0.0	1.1	0.0	0.0
<i>Euglypha cristata major</i>	1.6	0.0	2.1	6.1	6.6	0.8	1.1	3.1
<i>Euglypha filifera pyriformis</i>	1.6	0.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
<i>Hyalosphenia elegans</i>	65.1	7.5	47.6	11.8	1.3	5.1	10.0	8.8
<i>Hyalosphenia elegans cylindricollis</i>	6.3	0.2	4.4	0.0	0.4	0.0	0.1	0.4
<i>Hyalosphenia insecta</i>	4.8	0.1	2.9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Hyalosphenia papilio</i>	81.0	24.3	68.3	4.0	23.5	36.1	24.6	22.5
<i>Lesquereusia epistomium</i>	4.8	0.1	4.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.2
<i>Nebela militaris</i>	60.3	3.1	33.5	5.7	1.0	2.3	2.8	4.5
<i>Nebela tinctoria</i>	87.3	10.0	60.6	11.5	10.7	12.1	7.1	8.6
<i>Padaungiella lageniformis</i>	4.8	0.3	12.3	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
<i>Physochilla griseola</i>	36.5	1.5	11.3	1.6	0.0	0.5	2.4	2.9
<i>Placocista spinosa</i>	6.3	0.6	21.2	0.8	0.0	0.0	1.9	0.0
<i>Planocarina carinata</i>	28.6	2.3	28.6	0.3	0.0	1.2	4.6	4.6
<i>Quadrullella symmetrica</i>	14.3	0.6	10.9	0.0	4.4	0.1	0.0	0.0
<i>Trinema penardi</i>	25.4	0.7	11.8	2.2	2.0	0.4	0.0	0.0
<b>Всего видов</b>	-	-	-	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>21</b>

Примечание:

1 – встречаемость, %; 2 – среднее относительное обилие в пробе, %; 3 – максимальное относительное обилие в пробе, %; 4-8 – среднее относительное обилие (%) в болотах 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно.

Самыми обильными (среднее относительное обилие в исследованных образцах, %) были виды: *Hyalosphenia papilio* (24,3), *Archerella flavum* (18,1), *Nebela tinctoria* (10), *Hyalosphenia elegans* (7,5), *Assulina muscorum* (4,9), *Arcella catinus* (3,2), *Nebela militaris* (3,1 %). Виды *N. tinctoria*, *A. muscorum* и *H. papilio* характеризовались высокой встречаемостью и были обнаружены более чем в 80 % изученных образцов.

Пять видов (*Archerella jollyi*, *Euglypha cristata*, *Euglypha cristata major*, *Euglypha filifera pyriformis*, *Euglypha strigosa heterospina*) оказались редкими для сфагновых биотопов исследуемой территории и были обнаружены лишь в одном образце.

Основные отличия в видовом составе сообществ раковинных амёб между изученными болотными экосистемами определялись влажностью биотопов. Так для Болота 1 характерна максимальная доля ксерофильных видов (*Nebela tinctoria*, *Corythion dubium*, *Assulina muscorum*, *Euglypha cristata major*, *Nebela militaris*). Гидрофильные виды *Archerella flavum*, *Argygnia dentistoma*, *Hyalosphenia elegans* также многочисленны, но их доля существенно ниже, чем в более влажных болотах. Наиболее гидрофильное сообщество характерно для Болота 3, тогда как в остальных (Болото 2, болота «Верхнее» и «Водопроводное») отмечены переходные варианты.

Результаты работы показывают, что раковинные амёбы являются обильным и разнообразным компонентом в болотных экосистемах северотаежной подзоны России. В исследованных сообществах доминантными являются типичные сфагнобионтные и эврибионтные виды раковинных амёб с широким географическим распространением [5-7]. Выявленные доминанты ранее обнаружены как в таежной, так и в других природно-климатических зонах. Основную роль в дифференциации сообществ раковинных амёб в исследованных болотных экосистемах играют особенности гидрологического режима.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-04-00320.*

### Список литературы

1. Gilbert, D., Mitchell, E. Microbial diversity in Sphagnum peatlands // Peatlands: evolution and records of environmental and climatic changes / Eds Martini I. P., Martínez Cortizas A., Chesworth W. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – P. 289–320.
2. Прейс, Ю.И., Курьина, И.В. Ризоподный анализ в реконструкции водного режима болотных экотопов (Выбор оптимального методического подхода) // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 408–416.
3. Цыганов, А.Н., Бабешко, К.В., Новенко, Е.Ю., Малышева, Е.А., Пейн, Р.Д., Мазей, Ю.А. Количественная реконструкция гидрологического режима болот по ископаемым сообществам раковинных амёб // Экология. – 2017. – № 2. – С. 147–155.
4. Мазей, Ю.А., Цыганов, А.Н. Пресноводные раковинные амёбы. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 300 с.
5. Beyens, L., Chardez, D., Van de Vivier, B. A contribution to the protist-diversity in the Polar Regions: testate amoebae data from the Russian Arctic // Topics in ecology: structure and function in plants and ecosystems / Ceulemas N. [et al.] (eds.). – Antwerp: Antwerp Univ., 2000. – P. 101–110.



6. Bobrov, A.A., Andreev, A.A., Schirrmeister, L. [et al.] Testate amoebae (Protozoa: Testacealobosea and Testaceafilosea) as bioindicators in the Late Quaternary deposits of the Bykovsky Peninsula, Laptev Sea, Russia // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* – 2004. – Vol. 209. – P. 165–181.
7. Booth, R.K. Testate amoebae as paleoindicators of surface-moisture changes on Michigan peatlands: modern ecology and hydrological calibration // *Journal of Paleolimnology.* – 2002. – Vol. 28. – I. 3. – P. 329–348.

### **TESTATE AMAOBAE DIVERSITY IN *SPHAGNUM*-DOMINATED BOGS OF NORTHERN TAIGA (KOLA PENINSULA)**

**Yushkovets S.Yu., Tsyganov A.N., Zenkova I.V., Borovichev E.A., Mazei N.G.,  
Babeshko K.V., Esaulov A.S., Mazei Yu.A., Chernyshov V.A.**

*Species diversity of testate amoebae in Sphagnum-dominated bogs in northern taiga in the territory of Murmansk region and northern Republic of Karelia was studied. Thirty-nine testate amoebae taxa were identified. Most abundant species were Hyalosphenia papilio, Archerella flavum, Nebela tinctoria, Hyalosphenia elegans, Assulina muscorum, Arcella catinus and Nebela militaris. The species N. tinctoria, A. muscorum and H. papillio are characterized by high occurrence and were detected in more than 80 % samples. The revealed dominant species are typical Sphagnum-dwelling or with wide ecological preference and wide geographical distribution. The main factor affecting the species composition of testate amoeba assemblages is hydrological regime of the peatlands.*

## **Часть III**

# **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

## РОЛЬ В.И. ЛЕНИНА В РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ В РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВА ОСУШЕНИЯ БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Зайдельман Ф.Р.

**Московский Государственный университет России и М.В. Ломоносова**

*В статье собраны сведения, которые раскрывают роль В.И. Ленина в развитие сельского хозяйства и роли мелиорации почв в повышении производительности труда в земледелии. Особое значение в этом случае принадлежит, в частности, орошению. В.И. Ленин на всех этапах своей работы придавал огромное значение широкому развитию мелиорации в нашей стране. Изложены перспективы использования болотных почв*

Владимир Ильич Ленин уделял особое внимание не только вопросам индустриального производства, но и проблемам сельского хозяйства. Он писал в этой связи следующее:

1. «Необходимо восстановить существование ранее системы (мелиоративные системы, Ф.З.) и сразу постараться улучшить положение крестьян. Следует постараться начать крупные работы по электрификации и орошению, а также восстановить ранее существовавшие и организовать новые опытные поля и селекционные станции.»

2. «Обязать ВСНХ и его органы на местах, закончить все первоочередные работы по приведению в порядок ирригационных сооружений к весне.»

Владимир Ильич Ленин придавал огромное значение широкому развитию мелиорации в нашей стране и подчеркивал социальную роль этого мероприятия. В известном письме от 14 апреля 1921 г. «Товарищам коммунистам Азербайджана, Грузии, Армении, Дагестана, Горской республики». Он дважды обращал внимание на значение орошения в подъёме экономики этих республик: «Орошение, писал он, особенно важно, чтобы поднять земледелие и скотоводство во что бы то ни стало...». Далее В.И. Ленин подчеркивает «Надо сразу начать крупные работы по электрификации и орошению». Орошение больше всего нужно и больше всего пересоздаст край, возродит его, похоронит прошлое и укрепит переход к социализму» [1].

Тяжелейшим испытанием для молодой Советской республики явилась катастрофическая засуха в 1921 г. Под руководством В.И. Ленина разрабатывается план борьбы с засухой и ее последствиями. 29 апреля 1921 г. В.И. Ленин подписывает постановление Совета Труда и Оборона. - О борьбе с засухой, в котором сказано следующее: «Принимая во внимание, что на всей территории республики наблюдается засушливая весна и отсутствие дождей, а также по всем признакам, установленным научными учреждениями, следует ожидать засушливой весны в 1922 году.

Роль В.И. Ленина не исчерпывается анализом основных направлений сельского хозяйства, непосредственно связанных земледелием, Особое внимание он уделял организационным вопросам. Именно В.И. Ленин был организатором уникального центра мелиорации почв в Голодной степи, который непосредственно отвечал за строительство оросительной сети на общей площади более 400тыс. га. Этот центр почв получил название «Иртур» (ирригация почв Туркестана, Ф.3). Во главе этого учреждения была рекомендована кандидатура выдающегося мелиоратора Г.К. Ризенкампфта. Именно он еще до революции 1917 года подготовил проект строительства мелиоративных сооружений в Голодной степи и успешно защитил этот проект в 1913 году [2,3].

Однако его строительство не было осуществлено в связи с началом первой мировой войны с Германией. Реализовать этот проект удалось только в 1919 году после Октябрьской – революции. Для того, чтобы ускорить строительство мелиоративных систем в Голодной степи Г.К. Ризенкампф был командирован в Соединенные штаты Америки для закупки необходимой ирригационной техники. Эта задача была им успешно решена и уже к началу 1922 г. установилась активная поставка хлопка для его использования в народном хозяйстве.

В.И. Ленин после завершения военных действий в период гражданской войны уделял большое внимание экономическому состоянию народного хозяйства. Вскоре после заключения Брестского мира с Германией в короткий период перемирия В.И. Ленин сосредоточил значительные усилия государства для решения актуальных задач по орошению и осушению почв. Он особо подчеркивал необходимость улучшения ранее построенных мелиоративных систем [4,5]. Следует подчеркнуть, что успех работ определился еще и тем, что к выполнению почвенных изысканий были привлечены известные почвоведы того времени – Н.А. Димо, В.И. Шраг, и другие специалисты. Результаты их исследований впервые легли в основу мелиоративных проектов орошения почв Голодной степи. Вопросы мелиорации почв страны в плане ГОЭЛРО нашли отражение в разделе «Электрификация и сельское хозяйство» [2]. Первый этап. 1917 – 1966 гг. Наиболее актуальными программами мелиорации и соответствия с планом ГОЭЛРО были признаны: орошение земель в засушливых районах Заволжья; орошение в Средней Азии и на Северном Кавказе; осушение Колхидской низменности и Мещеры; мелиорация земель в Белоруссии, на Украине и в других районах. Основным итогом первого этапа мелиорации почв в СССР был зарегистрирован ввод в эксплуатацию 17 млн. га орошаемых и осушаемых земель. Начинания В.И.Ленина по мелиорации земель были в дальнейшем продолжены уже в советское время. На втором этапе осуществления в стране мелиорации земель (1966 – 1984гг.) в мае 1966 г. была принята первая общесоюзная долгосрочная программа мелиорации земель. Она была ориентирована на расширение орошаемых массивов хлопчатника и риса, развитие орошаемых

зерновых культур (пшеницы и кукурузы), фруктовых садов и виноградников, на осушение земель сельскохозяйственного пользования. Особое внимание было обращено на создание зерновой орошаемой зоны. Территория мелиорации достаточно широка: Поволжье и Заволжье, юг РСФСР, Украина, Белоруссия, а также Сибирь и Дальний Восток. В результате значительных капиталовложений (115 млрд.руб.) была подготовлена необходимая база для дальнейшего мелиоративного строительства. Так было построено 118 крупных водохранилищ с общим объемом воды 12 млрд.м<sup>3</sup>. Третий этап (1985-2015гг) мелиоративного строительства отличался от предыдущих этапов резким сокращением общей площади мелиорируемой территории. В стране существенно сократился объем научно-исследовательских работ по мелиорации, были ликвидированы научно-исследовательские центры в области сельскохозяйственной мелиорации земель. Значительно уменьшилось количество специалистов, работающих в области мелиорации почв. Их уход вызвал снижение качества материалов, используемых при проектировании мелиорации. Эти и другие факторы в конечном итоге негативно отразились на качестве проектного материала и на качестве мелиоративного строительства.

Несколько слов о торфяных землях. По данным государственного земельного учёта на 01.01.2002 г. земельный фонд России оценён в 1709,8 млн. га; из них болотами занято 154,0 млн. га, что составляет более 9% территории страны. Площадь земель под болотами продолжает увеличиваться. Так по сравнению с 2000 годом их площадь уже увеличилась на 6,7 млн. га. Наибольшее количество болот с площадью 110,5 млн. га (71,7%) расположено на землях лесного фонда. На землях сельскохозяйственного назначения они занимают 25,9 млн. га (16,8%); на землях запаса ими занято 13,0 млн. га (около 9%). В составе земель других категорий площади болот значительно ниже (данные Росземкадастра, 2002). На период 1986-1990 гг. продуктивность мелиорированного гектара была в 1,4-2,0 раза выше по сравнению с целинными аналогами. Мелиорированные земли в Нечерноземной зоне, занимая 10 % от площади всех сельскохозяйственных угодий, обеспечивали получение в среднем за год 14-15 % валовой продукции. Высокую урожайность пропашных культур на осушаемых торфяных почвах (капуста, картофель) доказали исследования многих ученых: капусты от 15,5 т/га на контроле до 52,5 т/га при осушении с внесением удобрений; картофеля от 14,2 до 31,8 т/га при осушении на фоне удобрений. Было определено положительное влияние внесения минерального грунта в торфяные почвы (землевание торфа). Наибольшую эффективность обеспечивает выращивание на мелиорированных торфяных почвах трав (3,2 – 8,0 т/га за 2-3 укоса).

Применение осушительно-увлажнительных систем, начавшись с конца XIX века с простого шлюзования каналов, перешло на устройство систем двухстороннего действия с

подачей воды с соседних водосборов. На смену регулированию рек пришли системы польдерного типа, включающие дамбы и насосные станции. В это время широкое распространение получило строительство пластмассового дренажа бестраншейным способом, в особенности в Нечернозёмной зоне. Большое внимание уделялось агромелиоративным приёмам: планировка поверхности, глубокое рыхление почвы, применение гидропосева для крепления откосов осушаемых каналов.

Для мелиорации болот была разработана научная база. В трудах А.Н. Костякова, С.Ф. Аверьянова, А.Д. Дубаха, А.Д. Брудастова, А.И. Ивицкого, С.Г. Скоропанова А.И. Мурашко, Б.С. Маслова и многих других ученых предложены математически обоснованные методы определения междренних расстояний в различных почвенно-гидрогеологических условиях, обоснованы нормы и режимы осушения под различные сельскохозяйственные культуры, техника осушения, технологии строительства осушительных сетей и ускоренного освоения осушенных земель. Разработаны конструкции осушительно-увлажнительных систем, включая совмещённые, водооборотные и др., технологии высокопродуктивного и длительного использования торфяных почв.

В настоящее время идет повсеместное ухудшение качественного состояния: например, хорошее мелиоративное состояние осушаемых почв, отмечаемое в 1990 году на площади 2,46га, уменьшилось до 0,90 млн. га или на 63%. Основные причины – отсутствие мелиоративного обслуживания осушительной сети и своевременного ремонта. Полностью разрушены дорогостоящие осушительно-увлажнительные системы, наиболее приемлемые для торфяных почв. В результате урожайность на осушаемых землях снизилась на 28%. Почти на 2/3 осушаемых земель не были достигнуты проектные показатели по урожайности. Поэтому предполагаемые сроки окупаемости затрат на осушение (4...8 лет) не были обеспечены. За период 1991-1997г.г. произошел спад валовых сборов сельскохозяйственной продукции на осушаемых землях (56%) по отношению к средним за 1986-1999 годы. Мелиоративное состояние земель из-за отсутствия надлежащего ухода за осушительной сетью и ремонтом постоянно ухудшается, в неудовлетворительном состоянии находится 25% осушаемых земель. Работы по строительству и реконструкции осушительных систем почти полностью прекращены. Практически везде на осушаемых почвах идёт процесс вторичного заболачивания.

Нельзя не отметить, что в период 1970-1980-х годов в изучении торфяных ресурсов в СССР было сделано существенное продвижение вперед, какого не было ни в одной стране мира. Разведка торфяных болот, торфодобывающая и торфоперерабатывающая промышленность вышли на передовые позиции. Была разработана схема развития торфяной

промышленности в Сибири и на Дальнем Востоке на период до 2010 года, в которой были разработаны технологии и экономика производства торфяной продукции для сельского хозяйства (органические удобрения, грунты, питательные блоки и субстраты и т.д.) и промышленности (торфяной кокс в производстве ферросплавов, металлургическое использование торфяного полукокса, активные угли, гидролизное сырье); в Европейской части страны широкое распространение получило использование болот в земледелии и лесном хозяйстве на основе мелиорации.

Продуктивное использование болот возможно только на основе осушения. Земледелие на осушаемых торфяных почвах во всех странах является одним из основных направлений использования болот. Осушительная мелиорация в сочетании с окультуриванием обеспечивает высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Доля осушаемых земель в настоящее время не превышает 8...20% от нуждающихся в осушении земель. Мелиорация торфяных болот для земледелия – дело сложное, капиталоемкое, но без привлечения их в продуктивное сельскохозяйственное использование не могут устойчиво развиваться многие области Европейской территории России, Сибирь и Дальний Восток.

Каковы перспективы использования болот под сельскохозяйственные угодья? Как уже указывалось выше, в результате проведения мелиоративных мероприятий плодородие торфяных почв возрастает в 5-6 раз и при высоком уровне мелиорации они дают устойчиво высокие урожаи всех сельскохозяйственных культур. Возможны при этом отрицательные последствия. Это, прежде всего, усиление интенсивности минерализации органического вещества вследствие изменения водно-воздушного режима в торфяных почвах. При проведении мелиорации важно учитывать ботанический состав торфов, слагающих профиль торфяных почв. Управление минерализацией органического вещества является важной проблемой для торфяных почв. С другой стороны, торфяные почвы – это уникальные по своим биосферным функциям образования. Суть биосферно-совместимого использования торфяных почв заключается в разработке приёмов оптимизации мелиоративного режима торфяных почв и на этой основе – параметров совершенных мелиоративных систем, позволяющих получить экологически оправданные урожаи при условии сохранения торфяных почв как биоресурса.

Вышеизложенное достаточно четко показывает, что в систему комплексной мелиорации на современном этапе должно входить управление круговоротом воды и веществ на основе познания не только свойств как итоговых результатов различных сочетаний режимов почв, но и самых почвенных режимов, каждого в отдельности и во взаимодействии. Решение мелиоративных задач должно опираться также на глубокие знания свойств и процессов, протекающих в мелиорируемых торфяных почвах с учетом разнообразия природных условий. Такой подход обеспечивает равновесие в торфяной агроэкосистеме

(ТАЭС), являющейся важным компонентом биосферы. Оптимизация почвенных режимов на основе мелиоративного воздействия позволит обеспечить получение экологически устойчивых урожаев адаптированных культур и сохранит торфяные почвы как биологический и экологический ресурс биосферы.

Поставленная цель требует решения следующих задач для территорий с различной степенью заболоченности:

- ❖ разработать показатели состояния мелиоративного режима торфяных почв и параметры мелиоративных систем с учетом сохранения экологического равновесия в агроэкосистемах;
- ❖ разработать рациональные способы ускоренного освоения и сельскохозяйственного использования торфяных почв;
- ❖ разработать модели окультуренной высокоплодородной торфяной почвы для разных климато-антропогенных условий ;
- ❖ обосновать и рекомендовать систему мониторинга на осушаемых торфяных почвах.

Использование торфяных почв под сельскохозяйственные угодья должно быть направлено на формирование устойчивых и высокопродуктивных ландшафтов. Мелиоративные системы должны отвечать следующим условиям:

- ❖ комплексности (для каждого участка и поля подбираются в полном комплексе мелиоративные мероприятия);
- ❖ ландшафтности (соблюдение экологического равновесия между отдельными типами ландшафтов с учётом целостности ландшафтов);
- ❖ экологичности (охрана природы в целом, биоразнообразии, биосферности мелиоративных мероприятий);
- ❖ ресурсосбережения (снижение энерго- и материалоёмкости, трудовых затрат и пр.).

Важное значение при этом приобретает комплекс средств и методов мелиорации с целью формирования устойчивых агроэкосистем. Это очень важный вопрос, требующий разработки научных основ и методов управления минерализацией органического вещества торфов, учитывая органогенную структуру торфяных почв. В целях формирования научных принципов такого управления необходима глубокая проработка, по меньшей мере, двух малоизученных аспектов: разнокачественности состава и свойств органического вещества торфяных почв различного генезиса и закономерностей его трансформации в процессе почвообразования.



**Список литературы**

1. Ленин В.И Полное собрание сочинений, т.41. 476 с.
2. Ленин В.И. Полное собрание сочинений, т.43. С.190-200.
3. Собрание узаконений РСФСР. В.43. С 250.
4. 4.Wityn I.I. Bildunsprozess der Gleyboden // Agronomenkongress in Latwiya. Riga/ 1934/
5. Vogel von Falkenstein K. Die Molkenboden des Brem und Rheinhardswaldesim Buntandsandsteingebiet der Oberweser// Inter. Mitt. Bjdenkunde/ 1914. Bd 4.? S. 105-134.

**THE ROLE OF LENIN IN THE DEVELOPMENT OF LAND RECLAMATION IN RUSSIA  
AND THE PROSPECT of DRYING of SWAMP SOILS****Zaydelman F. R.**

*The article contains information that reveals the role of Lenin in the development of agriculture and the role of soil reclamation in improving productivity in agriculture. Particular importance in this case belongs, in particular, to irrigation. V. I. Lenin at all stages of his work attached great importance to the broad development of land reclamation in our country. The prospects of the use of marsh soils are presented*

## РЕЖИМ ОСУШЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНО СЕЗОННО-МЕРЗЛОТНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Моторин А.С.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия,  
e-mail: a.s.motorin@mail.ru

*В статье представлены результаты многолетних лизиметрических исследований по влиянию уровня залегания грунтовых вод на гидротермические режимы среднеторфяной почвы и урожайность сена многолетних трав. Рассмотрена сравнительная оценка эффективности способов регулирования водного режима торфяных почв. Предложен внутригодовой водный режим торфяной почвы под многолетние травы.*

*Введение.* По данным почвенных обследований площадь освоенных торфяных почв в нашей стране составляет 3,4 млн. га, в Уральском федеральном округе 150 тыс. га, в Западной Сибири свыше 200 тыс. га, в Тюменской области – около 80 тыс. га. Основная часть торфяных почв используется под сенокосы (59 %) и пастбища (36 %) [1,2].

Данные статистики показывают, что в последние годы значительная часть осушаемых торфяных почв не используется и теряет свое плодородие. Продуктивность осушаемых земель в Сибирском федеральном округе составляет всего 0,34 от климатически обеспеченной [3].

В целом для использования торфяных почв в сельском хозяйстве в настоящее время характерны следующие негативные процессы: 1. Повышение уровня грунтовых вод и подтопление осушенных торфяников вследствие неудовлетворительного состояния осушительной сети, что вызывает гибель ценных кормовых трав и деградацию сенокосов и пастбищ; 2. трансформация целевого использования осушенных торфяников с интенсивного сенокосного на экстенсивное пастбищное в связи с неудовлетворительным состоянием осушительной сети; 3. постепенное зарастание сенокосных и пастбищных угодий кустарником и мелколесьем; 4. прекращение производственной деятельности хозяйств, отказ от аренды, перевод земли в другие виды угодий [4].

В основе метода регулирования водного режима осушаемых почв лежит изменение положения грунтовых вод [5]. Для агромелиоративной практики наибольший интерес представляет влияние уровня залегания грунтовых вод на плодородие почвы и создание нормальных условий для работы сельскохозяйственных машин и агрегатов [6].

В настоящее время рекомендуется способ регулирования водного режима почв, заключающийся в поддержании в течение предпосевной обработки, посева, роста и уборки многолетних трав уровня грунтовых вод в пределах 40-90 см. Зимой для всех культур он должен находиться в пределах 60-70 см [8]. Для условий Западной Сибири вопрос о нормах осушения торфяных почв решен недостаточно. В этой связи необходимость проведения исследований по данному вопросу не вызывает сомнений.

Цель исследований – изучить особенности режима осушения длительно сезонно – мерзлотных торфяных почв Западной Сибири под многолетние травы.

*Объекты и методы.* Исследования проводились на опытном дренажном участке Решетниково. Опытно – мелиоративная система Решетниково расположена в Тюменском районе в центральной части Тарманского болотного массива, занимающего площадь 125,8 тыс. га на второй озерно-аллювиальной террасе р. Туры. Было заложено 24 лизиметра, площадь одного равнялась 1,1 м<sup>2</sup>. Грунтовые воды в лизиметрах в течение года поддерживали на уровнях 0,5; 1,0 и 1,5 м. С целью изучения влияния вневегетационного положения грунтовых вод использовали 2- метровые лизиметры со среднезалежным торфом, где в осенне-зимний период поддерживали уровень грунтовых вод 2,0 м, летом – 1,0 м. Повторность уровня грунтовых вод трехкратная [7]. Торф осоково-тростниковый со степенью разложения 20-45 %. Половину лизиметров заряжали монолитами из мелкозалежного торфа (60-70 см), остальные – из среднезалежного (170-180 см). В данной статье приведены результаты исследований со среднезалежным торфом.

Торфяные почвы имеют низкую зольность (4,7-7,2 %), слабокислую реакцию среды (рН<sub>сол</sub> 5,6-6,2), относительно высокую гидролитическую кислотность (21,2-40,8 мг-экв./ 100 г почвы), низкую степень насыщенности основаниями (62-85 %).

Первые 2 года в лизиметрах выращивали овес на зеленую массу. На следующий год после овса проведен беспокровный посев многолетних трав: овсяницы луговой и костреца безостого – 12 и 10 кг/ га соответственно. Для создания освещенности растений, близкой к условиям поля, вокруг лизиметров высевали аналогичную травосмесь. Удобрения вносили в подкормку весной и после первого укоса из расчета N30P45K45.

*Результаты исследований и обсуждение.* Вопрос о нормах осушения для условий Западной Сибири имеет специфический характер вызванный мерзлотными явлениями почвогрунтов. В результате проведенных многолетних лизиметрических и полевых исследований нами установлено, что применительно к длительно сезонно-мерзлотным торфяникам поддержание в зимний период нормы осушения на таком уровне приводит к тому, что в верхнем мерзлотном слое торфа происходит накопление внутрпочвенного льда вплоть до значения полной влагоемкости. К зоне промерзания зимой подтягивается до 100 мм влаги за счет избыточного капиллярного давления и термодиффузии пара (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная оценка эффективности способов регулирования водного режима торфяных почв

Способ регулирования	Влажность почвы 0,5 метрового слоя в конце зимы (доли НВ)	Сроки полного оттаивания	Сумма температур пахотного слоя почвы за вегетационный период, °С	Урожайность многолетних трав на сено, т/га
*)Применяемый способ регулирования (УГВ 0,6 м)	1,25	22.VI	1443	9,1
Предлагаемый способ регулирования (А.С. №118445)	0,81	24.V	1687,8	10,8

Примечание: \*) - СНиП 2,06,85 [8].

Нашими наблюдениями на осушаемых массивах установлено, что в среднем мерзлый слой в торфе сохраняется до второй декады июня на болотах террасного залегания и до третьей декады июля водораздельных низинных торфяниках.

Огромное значение в переувлажнении торфяных почв в весенние периоды приобретает верховодка. Влажность почвы при наличии мерзлоты определяется количеством влаги расходуемой на испарение почвой и растениями, с одной стороны, и количеством осадков в весенне – летний период и влагой, поступающей от таяния мерзлотной толщи, с другой.

Наличие мерзлого перенасыщенного льдом слоя в первую половину вегетационного периода вызывает ряд отрицательных последствий для роста и развития сельскохозяйственных культур, а именно: 1. переувлажняется верхний оттаивающий слой за счет собственных избыточных влагозапасов и выпадающих осадков, для которых мерзлота служит водупором; 2. снижается температура корнеобитаемого слоя вследствие высокой влажности торфяника и более медленного оттаивания высокольдистой мерзлоты; 3. сокращается продолжительность периода нормального роста сельскохозяйственных культур; 4. затормаживаются биологические процессы, что снижает эффективное плодородие торфяных почв и урожайность выращиваемых культур.

На основании лизиметрических исследований нами был предложен способ регулирования водного режима длительно сезонно-мерзлотных торфяных почв [9]. Суть его заключается в следующем (табл. 2).

Таблица 2. Внутригодовой водный режим среднемошной торфяной почвы под многолетние травы на сено

Период	Уровень грунтовых вод, см		Влажность почвы в долях НВ	
	Период			
	Начало	Конец	Начало	Конец
20.X-1.IV (зима)	160	200	0,85	1,0
1-20. IV (снеготаяние)	200	70	1,0	1,0
20.IV-20.VI (вегетация при наличии мерзлоты)	70	70	1,0	0,95
20.VI-15.VII (вегетация при талом торфе до уборки укоса)	70	80	0,95	0,95
15.VII-10.VIII (вегетация при талом торфе, отрастание-начало сброса)	80	80	0,95	0,95
10-20.VIII (вегетация от начала сброса до окончания 2 укоса)	80	80	0,95	0,95
25.VIII-20.X (сброс)	100	160	0,95	0,95

1. В поддержании оптимального уровня грунтовых вод (нормы осушения) в вегетационный и зимний периоды, отличающийся тем, что с целью ликвидации в верхнем мерзлом слое накопления зимой избыточного количества внутрипочвенного льда для улучшения гидротермических условий произрастания сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности, уровни грунтовых вод с конца периода эффективных температур воздуха до начала промерзания снижают до 160-200 см и поддерживают на этой глубине до весеннего снеготаяния.

2. В период снеготаяния не сбрасывают талую воду, а используют ее для подъема грунтовых вод на глубину 80-110 см и поддерживают этот уровень до конца периода эффективных температур воздуха.

Использование предлагаемого способа регулирования водного режима длительно сезонно – мерзлотных почв обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества: 1. возможность ликвидации переувлажнения в корнеобитаемом слое сельскохозяйственных растений в начале вегетации за счет снижения льдистости мерзлого горизонта. Если торфяная почва перед промерзанием не насыщена влагой, то она хотя и промерзает на большую глубину, чем насыщенная с осени до полной влагоемкости, но

весной оттаивает раньше на 1-1,5 месяца. Более быстрое оттаивание торфяных почв, замерших в ненасыщенном влагой состоянии, объясняется лучшим теплообменом за счет большей фильтрации теплой полой воды и лучшей циркуляции в свободных от льда порах теплого воздуха; 2. прогревание почвы идет значительно лучше там, где зимой уровень грунтовых вод находится глубоко. При залегании грунтовых вод на 2-х метровой глубине торфяная почва в среднем получает тепла больше в пахотном слое на 245 °С, на глубине 0,4 м – на 260 °С, 0,6 м - на 360°; 3. оптимальный температурный режим в течение вегетационного периода складывается при интенсивном осушении. Так, при 1,5 м уровне грунтовых вод в лизиметрах торфяная почва получила тепла больше, чем при 0,5 м на глубине 0,2 м – на 291 °С и на 0,4 м – на 336°; 4. увеличение в корнеобитаемой зоне периода с эффективными температурами на 15-18 дней; 5. повышение урожайности сена многолетних трав до 20 %. Максимальная урожайность сена многолетних трав (1,04 кг/м<sup>2</sup>) формируется при метровом уровне грунтовых вод. Снижение урожайности от переувлажнения значительно больше (20,2 %), чем от недостатка влаги (11,5 %) в отдельные засушливые периоды на фоне интенсивного осушения; 6. повышение экономической эффективности минеральных удобрений за счет уменьшения выноса питательных веществ, особенно азота (на 7-13 %) и калия (на 15-26 %); 7. возможность проектирования и строительства более редкой регулирующей сети, ввиду того, что осушительная система напряженно работает на сброс не весной, а в течение двух месяцев в конце вегетации и осенью.

Необходимая глубина залегания грунтовых вод обеспечивается при использовании дренажа на болотах низких надпойменных террас и открытых каналов на торфяниках водоразделов.

*Заключение.* 1. Вопрос о нормах осушения для условий Западной Сибири имеет специфический характер, вызванный мерзлотными явлениями почвогрунтов. В длительно сезонно- мерзлотных торфяных почвах мерзлые грунты полностью или на длительный период изолируют пахотные горизонты от влияния грунтовых вод. Огромное значение в переувлажнении торфяных почв в весенние периоды приобретает верховодка.

2. С целью улучшения гидротермических условий произрастания многолетних трав и повышения их урожайности уровни грунтовых вод с конца периода эффективных температур воздуха до начала промерзания снижают до 160-200 см и поддерживают до весеннего снеготаяния.

В период снеготаяния не сбрасывают талую воду, а используют ее для подъема грунтовых вод на глубину 80-110 см и поддерживают этот уровень до конца периода эффективных температур воздуха.

**Список литературы**

1. Лукин С.М. Торфяные почвы и осушенные болота России: экологические функции, использование в сельскохозяйственном производстве и инновационные технологии биоконверсии // Научно-технологическое и инновационное обеспечение сельскохозяйственного производства и модернизации АПК Сибири. – Новосибирск: ГНУ СибНСХБ, 2012. – С. 43-54.
2. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2001. – 400 с.
3. Перспективы развития мелиорации земель в России. – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2011. – 54с.
4. Гулюк Г.Г. Становление и развитие мелиорации в России // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016.- № 3. – С. 4-6.
5. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 521 с.
6. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири: Тюм.гос. с.-х. академия. – Новосибирск: ГРПО СО РАСХН, 1999.-281 с.
7. Калинин В.М., Моторин А.С. Водный баланс и режим осушаемых низинных торфяников Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1995.-176 с.
8. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: Справочник/ Под ред. академика РАСХН Б.С. Маслова. – М.: «Ассоциация ЭкоСт», 2001. – 606 с.
9. Моторин А.С., Калинин В.М. Способ регулирования водного режима длительно сезонно – мерзлотных торфяных почв (а.с. №1184451).

**REGIME OF DRYING OF THE LONG-SEASONAL-FROZEN PEAT SOIL  
OF WESTERN SIBERIA  
Motorin A.S.**

*The article presents the results of long-term lysimetric studies on the influence of the groundwater table on hydrothermal regimes of medium-thick peat soil and the yield of hay of perennial grasses. A comparative evaluation of the effectiveness of methods for regulating the water regime of peat soils is considered. The intra-annual water regime of peat soil for perennial grasses is proposed.*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>Копенкина Л.В. УЧЕНЫЙ В ОБЛАСТИ ХИМИИ ТОРФА С.С. ДРАГУНОВ (К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)</b>	5
<b>ЧАСТЬ 1. ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ</b>	
<b>Анисимова Т.Ю., Лукин С.М. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ В РОССИИ</b>	11
<b>Бабилов Б.В., Кобак К.И. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ БОЛОТ В ЦЕЛЯХ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ</b>	17
<b>Гамаюнов С.Н., Мисников О.С., Диченский А.В. ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ</b>	22
<b>Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Лысак Л.В. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКОВ</b>	31
<b>Женихов Ю.Н., Иванов В.Н. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО КАДАСТРА ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА</b>	38
<b>Зюзин Б.Ф., Гамаюнов С.Н. СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ</b>	43
<b>Инишева Л.И. ИЗ ПРОШЛОГО ЗАГЛЯНЕМ В БУДУЩЕЕ (ПЕРСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЙ БОЛОТ, КАК ЭТО ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ)</b>	51
<b>Ларина Г.В., Шурова М.В. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЯДА ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ АЛТАЙСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ</b>	59
<b>Мерзлая Г.Е., Жигарева Ю.В. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УДОБРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОРФА</b>	67
<b>Наумов А.В. ФАКТОРЫ СРЕДЫ, ЭМИССИЯ CO<sub>2</sub> И СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ ВЕРХОВОГО СФАГНОВОГО БОЛОТА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ</b>	72
<b>Новиков С.М. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БОЛОТ И ПЕРСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	76
<b>Смагин А.В. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ КОММЕНТАРИИ К ДИСКУССИОННЫМ ВОПРОСАМ ПО ГАЗООБМЕНУ БОЛОТ И АТМОСФЕРЫ</b>	83
<b>Уланов А.Н. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОРЕСУРСНАЯ ОЦЕНКА ПОСТБОЛОТНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ</b>	102
<b>Чаков В.В., Климин М.А., Остроухов А.В., Андронов В.А. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛОТ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ И ЮЖНОГО ПРИОХОТЬЯ</b>	107



Szajdak L.W., Meysner T., Styła K., Gaca W., Szczepański M. PEAT, FORMATION, PROPERTIES 113

#### Часть II. СИМПОЗИУМ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ

- Анисимова О.В., Денисенко Д.А., Маслов С.Г.** ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАГАН С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 115
- Антонова А.В.** РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КАДАСТРА ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ 121
- Белоусов А.М., Яблонев А.Л., Жуков Н.М.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ТОРФЯНОГО МОНОЛИТА НА ДВУХКОМПОНЕНТНОМ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ЦИФРОВОГО ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ 125
- Борисова Е.А., Порохина Е.В., Сергеева М.А.** БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА 131
- Волконская В.А., Пухова О.В.** ВЫБОР КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ВЕРХОВОГО ТИПА 136
- Громька Д.С., Кремчев Э.А.** ОБЗОР ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ САМОВОЗГОРАНИЯ ТОРФА И БУРОГО УГЛЯ 141
- Грудинин Н.Н., Кремчев Э.А.** АКТИВНЫЕ ПРИЦЕПНЫЕ МОДУЛИ МАШИНОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ВНУТРИМАССИВНОГО ТРАНСПОРТА ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ 147
- Егорова Н.Ю., Егошина Т.Л.** ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЛЯМИНСКОЕ» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) 153
- Емельянов И.В., Яблонев А.Л.** СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАССИВНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЛОЙНО-ПОВЕРХНОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ 158
- Земсков Ф.И., Маслов М.Н., Богатырев Л.Г.** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ДЕТРИТОПРОФИЛЬ ПРИ МОРФОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПОДСТИЛОК В УСЛОВИЯХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ 163
- Касатиков В.А., Анисимова Т.Ю.** ДЕЙСТВИЕ ТОРФОГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ И ГУМАТА КАЛИЯ НА МИГРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ 167
- Колегова К. Е.** ЭЛЕКТРОННЫЙ КАДАСТР ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ 173
- Купорова А.В., Гамаюнов С.Н.** КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТОРФЯНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ 179
- Купорова А.В., Гамаюнов С.Н.** ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УПРОЧНЕНИЯ ФОРМОВАННОГО ТОРФА 187

<b>Ларина Г.В., Безгина М.А., Шурова М.В., Ялбачева О.А.</b> ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ	194
<b>Лебедев В.В., Пухова О.В.</b> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА ТОРФЯНЫХ БРИКЕТОВ	201
<b>Мигловец М.Н., Михайлов О.А.</b> ПОТЕРИ УГЛЕРОДА (CH <sub>4</sub> ,CO <sub>2</sub> ) В ЭКОСИСТЕМАХ БОЛОТ ТАЁЖНОЙ ЗОНЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ) В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА	208
<b>Нагорнов Д.О., Кремчев Э.А., Казаченко Г.В.</b> ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ В ВАЛКОВО-ДИСКОВОМ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ	213
<b>Орлов А.С., Зубов И.Н., Селянина С.Б., Забелина С.А.</b> ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ВЕРХОВЫХ СФАГНОВЫХ БОЛОТ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	221
<b>Поздняков Л.А., Кузюбердина Д.А., Дуброва М.С., Позднякова А.Д.</b> СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРОКАРИОТНЫХ СООБЩЕСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ РЕКИ ЯХРОМА	227
<b>Позднякова А.Д., Бородкина Р.А., Михеева Т.В.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ И ПУТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕ НИХ	233
<b>Порохина Е.В., Сергеева М.А., Фомичев Е.Е., Дырин В.А., Аристархова В.Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТОРФЯНОЙ ТЕМАТИКЕ В ТОМСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ПЕДАГОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	237
<b>Родионова А.Б., Гренадерова А.В.</b> ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ	241
<b>Синицын В.Ф., Копенкина Л.В.</b> ОПИСАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ	248
<b>Столбикова Г.Е., Болтушкин А.Н., Купорова А.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СУШКИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА	252
<b>Субота М.Б., Богданова Л.С.</b> ТРАНСФОРМАЦИЯ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ОСУШЕНИИ БОЛОТ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	259
<b>Тимофеева М.В., Гончарова О.Ю.</b> КОРНЕВОЕ И МИКРОБНОЕ ДЫХАНИЕ ТОРФЯНЫХ ОЛИГОТРОФНЫХ ПОЧВ ПЛОСКОБУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	263
<b>Чертков В.А., Черткова Е.Ю.</b> РАЗРАБОТКА АНТИСЛЕЖИВАЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ТОРФА ДЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	270
<b>Чуванов С.В., Тархов М.О.</b> ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	276
<b>Юшковец С.Ю., Цыганов А.Н., Зенкова И.В., Боровичев Е.А., Мазей Н.Г., Бабешко К.В., Есаулов А.С., Мазей Ю.А., Чернышов В.А.</b> РАЗНООБРАЗИЕ РАКОВИННЫХ АМЕБ В СФАГНОВЫХ БОЛОТАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	283

### ЧАСТЬ 3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<b>Зайдельман Ф.Р.</b> РОЛЬ В.И.ЛЕНИНА В РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ В РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВА ОСУШЕНИЯ БОЛОТНЫХ ПОЧВ ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	290
<b>Моторин А.С.</b> РЕЖИМ ОСУШЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНО СЕЗОННО-МЕРЗЛОТНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	297

### CONTENS

<b>INTRODUCTION</b>	3
<b>Kopenkina L.V.</b> THE SCIENTIST IN THE FIELD OF PEAT CHEMISTRY – S.S. DRAGUNOV (TO THE 120 ANNIVERSARY SINCE BIRTH)	5
<b>PART 1. SELECTED LECTURES</b>	
<b>Anisimova T.Yu., Lukin S.M.</b> THEORETICAL AND PRACTICAL BASES EFFECTIVE USE OF DRAINED PEATLANDS IN RUSSIA	11
<b>Babikov B.V., Cobak C.I.</b> THE HYDROLOGICAL ROLE OF BOGS FOR THE PURPOSES OF FOREST REGENERATION	17
<b>Gamayunov S.N., Misnikov O.S., Dichensky A.V.</b> THE RATIONALE FOR THE USE OF RESOURCES OF PEAT DEPOSITS OF THE TVER REGION FOR THE PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS	22
<b>Dobrovolskaya T.G., Golovchenko A.V., Lysak L.V.</b> RAISED BOGS' BACTERIAL COMMUNITIES	31
<b>Zhenikhov Yu.N., Ivanov V.N.</b> CREATION OF ELECTRONIC CADASTRE OF PEAT DEPOSITS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT	38
<b>Zyuzin B.F., Gamayunov S.N.</b> STRATEGY OF FORMATION OF SYSTEM OF TRAINING FOR SMALL BUSINESS IN PEAT BRANCH	43
<b>Inisheva L.I.</b> FROM THE PAST LOOK FORWARD TO THE FUTURE (PERSPECTIVE OF THE INVESTIGATIONS OF THE MIRES AS THAT IS IMAGINE)	51
<b>Larina G.V., Shurova M.V.</b> REGIONAL PECULIARITIES OF ACCUMULATION AND REDISTRIBUTION OF SOME ELEMENTS IN PEAT OF THE ALTAI MOUNTAIN REGION	59
<b>Merzlaya G.E., Zhigareva Yu.V.</b> AGROECOLOGICAL EVALUATION OF FERTILIZERS WITH THE USE OF PEAT	67
<b>Naumov A.V.</b> ENVIRONMENTAL FACTORS, CO <sub>2</sub> EMISSION AND EVAPOTRANSPIRATION ON SPHAGNUM BOG IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE ZONE	72
<b>Novikov S.M.</b> ENVIRONMENTAL MONITORING OF WETLANDS AND RESEARCH PROSPECTS	76
<b>Smagin A.V.</b> FINAL COMMENTS TO DISCUSSION ISSUES ON GAS EXCHANGE OF WETLANDS AND ATMOSPHERE	83
<b>Ulanov A.N.</b> AGRO-ECOLOGICAL AND BIO-RESOURCE ASSESSMENT POSTOLATY OF AGROLANDSCAPES	102

<b>Chakov V.V., Klimin M.A., Ostroukhov A.V., Andronov V.A.</b>	PROTECTION AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF MIRES IN THE LOWER AMUR REGION AND SOUTHERN COAST OF THE SEA OF OKHOTSK	107
<b>Szajdak L.W., Meysner T., Styła K., Gaca W., Szczepański M.</b>	PEAT, FORMATION, PROPERTIES	113
<b>PART 2. SELECTED OF THE PARTICIPANT OF THE SCHOOL</b>		
<b>Anisimova O.V., Denisenko, D.A., Maslov S.G.</b>	THE STUDY OF GROUP COMPOSITION OF ORGANIC SUBSTANCE OF PEAT DEPOSITS TAGAN FOR THE PURPOSE OF RECEIVING PRODUCTS FOR AGRICULTURE	115
<b>Antonova A.V.</b>	THE DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC INVENTORY OF THE PEAT RESOURCES OF MOSCOW REGION	121
<b>Belousov A.M., Yablonev A.L., Zhukov N.M.</b>	STUDY ON CUTTING PROCESS OF PEAT MONOLITH ON THE DOUBLE ROLLER DEVICE USING DIGITAL TOOLS IN-SERVICE STRESS MEASUREMENTS	125
<b>Borisova E.A., Sergeeva M.A., Porokhina E.V.</b>	BIOLOGICAL ACTIVITY OF OLIGOTROPHIC BOGS	131
<b>Volkonskaya V.A., Puhova O.V.</b>	SELECTION OF COMPLEX EQUIPMENT FOR THE REPAIR OF AREAS OF PEAT DEPOSITS UPLAND	136
<b>Gromyka D.S., Kremcheev E.A.</b>	THE APPLICABILITY OF LIGNITE AND PEAT SPONTANEOUS COMBUSTION PROCESS IDENTIFICATION METHODS REVIEW	141
<b>Grudin N.N., Kremcheev E.A.</b>	TRACTOR UNITS WITH ACTIVE TRAILING MODULES FOR TRANSPORT OF PEAT RAW MATERIALS	147
<b>Egorova N.Yu., Egoshina T.L.</b>	STATE AND PECULIARITIES OF VEGETATION ON CUTOVER PEAT LAND "LYAMINSKOYE" (KIROV REGION)	153
<b>Yemelyanov I.V., Yablonev A.L.</b>	IMPROVING PASSIVE UNIT FOR LAYER-SURFACE MILLING PEAT DEPOSIT	158
<b>Zemskov Ph.I., Maslov M.N., Bogatyrev L.G.</b>	APPLYING CONCEPT OF DETRITE PROFILE IN MORPHOLOGICAL DESCRIPTION OF LITTERS IN CONDITIONS OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF DIFFERENT RATE OF WATER LOGGING	163
<b>Kasatikov V.A., Anisimova T.Yu.</b>	THE EFFECT OF PEAT HUMIC FERTILIZER AND POTASSIUM HUMATE ON THE MIGRATORY PROPERTIES OF HEAVY METALS	167
<b>Kolegova K.</b>	E-CADASTRE OF PEAT DEPOSITS IN TVER REGION	173
<b>Kuporova A.V., Gamayunov S.N.</b>	CLASSIFICATION OF WAYS AND TECHNOLOGICAL SCHEMES OF PRODUCTION OF PEAT PRODUCTION IN FIELD CONDITIONS	179
<b>Kuporova A.V., Gamayunov S. N.</b>	PHYSICAL PROCESSES OF HARDENING OF THE FORMED PEAT	187
<b>Larina G.V., Bezgina M.A., Shurova M.V., Yalbacheva O.A.</b>	TECHNICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PEAT OF THE ALTAI MOUNTAINS	194
<b>Lebedev V.V., Puhova O.V.</b>	SOFTWARE FOR AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING OF PRODUCTION OF PEAT BRIQUETTES	201

<b>Miglovets M.N., Mikhailov O.A.</b> CARBON OUTFLOW (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> ) IN MIRES ECOSYSTEMS OF BOREAL ZONE (REPUBLIC OF KOMI) IN THE CONDITIONS OF MODERN CLIMATE	208
<b>Nagornov D.O., Kremcheev E.A., Kazachenko G.V.</b> ASSESSMENT OF THE DEGREE OF PROCESSING OF PEAT RAW MATERIALS IN ROLLER-DISK MANUFACTURING EQUIPMENT	213
<b>Orlov A.S., Zubov I.N., Selyanina S.B., Zabelina S.A.</b> REDUCTIVE-OXIDATIVE BEHAVIOR OF SPHAGNUM HIGH-MOOR BOG PEAT DEPOSIT IN ARKHANGELSK REGION	221
<b>Pozdnyakov L.A., Kyzuberdina D.A., Dubrova M.S., Pozdnyakov A.D.</b> STRUCTURE AND FUNCTIONING OF PROKARYOTIC COMMUNITIES IN DRAINED PEAT SOILS OF YAKHROMA VALLEY	227
<b>Pozdnyakova A.D., Borodkina R.A., Miheeva T.V.</b> ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF PEAT FIRES AND WAYS OF ECOSYSTEM RECOVERY AFTER THEM	233
<b>Porokhina E.V., Sergeeva M.A., Fomichev E.E., Dyrin V.A., Aristarkhova V.E.</b> RESEARCH ON THE SUBJECT OF PEAT IN TOMSK STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY	237
<b>Rodionova A.B., Grenaderova A.V.</b> VEGETATION DYNAMICS OF THE KANSK FOREST-STEPPE ZONE FROM THE COMPLEX STUDY OF PEAT DEPOSITS	241
<b>Sinizyn V.F., Kopenkina L.V.</b> THE DESCRIPTION OF THE SURFACE RELIEF OF PEAT FIELDS BY MODELING RANDOM FUNCTIONS	248
<b>Stolbikova G.E., Boltushkin A.N., Kuporova A.V.</b> RESEARCH OF THE MECHANISM DRYING OF MILLING PEAT	252
<b>Subota M.B., Bogdanova L.S.</b> TRANSFORMATION OF PEAT DEPOSITS IN THE DRAINAGE OF WETLANDS FOR FORESTY	259
<b>Timofeeva M.V., Goncharova O.Yu.</b> ROOT AND MICROBIAL RESPIRATION OLIGOTROPHIC PEAT SOILS PASCALWRITER OF PEATLANDS OF NORTHERN WEST SIBERIA	263
<b>Chertkov V.A., Chertkova E.Y.</b> DEVELOPMENT OF ANTI-COMPOSITE ADDITIVES BASED ON PEAT FOR MINERAL FERTILIZERS	270
<b>Chuvanov S.V., Tarkhov M.O.</b> THE EFFECT OF HUMIDITY ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF PEAT SOILS IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA	276
<b>Yushkovets S.Yu., Tsyganov A.N., Zenkova I.V., Borovichev E.A., Mazei N.G., Babeshko K.V., Esaulov A.S., Mazei Yu.A., Chernyshov V.A.</b> TESTATE AMAOBAE DIVERSITY IN SPHAGNUM-DOMINATED BOGS OF NORTHERN TAIGA (KOLA PENINSULA)	283
<b>PART 3. ADDITIONAL INFORMATION</b>	
<b>Zaydelman F. R.</b> THE ROLE OF LENIN IN THE DEVELOPMENT OF LAND RECLAMATION IN RUSSIA AND THE PROSPECT OF DRYING OF SWAMP SOILS	290
<b>Motorin A.S.</b> REGIME OF DRYING OF THE LONG-SEASONAL-FROZEN PEAT SOIL OF WESTERN SIBERIA	297

**Библиографический список**

- Анисимова О.В. 115  
Анисимова Т.Ю. 11, 167  
Андронов В.А. 107  
Антонова А.В. 121  
Аристархова В.Е. 237  
Бабешко К.В. 283  
Бабиков Б.В. 17  
Безгина М.А. 194  
Белоусов А.М. 125  
Богатырев Л.Г. 163  
Богданова Л.С. 259  
Болтушкин А.Н. 252  
Борисова Е.А. 131  
Боровичев Е.А. 283  
Бородкина Р.А. 233  
Волконская В.А. 136  
Гамаюнов С.Н. 22, 43, 179, 187  
Головченко А.В. 31  
Гончарова О.Ю. 263  
Гренадерова А.В. 241  
Громыка Д.С. 141  
Грудинин Н.Н. 147  
Денисенко Д.А. 115  
Диченский А.В. 22  
Добровольская Т.Г. 31  
Дуброва М.С. 227  
Дырин В.А. 237  
Егорова Н.Ю. 153  
Егошина Т.Л. 153  
Емельянов И.В. 158  
Есаулов А.С. 283  
Женихов Ю.Н. 38  
Жигарева Ю.В. 67  
Жуков Н.М. 125  
Забелина С.А. 221  
Зайдельман Ф.Р. 290  
Земсков Ф.И. 163  
Зенкова И.В. 283  
Зубов И.Н. 221  
Зюзин Б.Ф. 43  
Иванов В.Н. 38  
Инишева Л.И. 51  
Казаченко Г.В. 213  
Касатиков В.А. 167  
Кобак К.И. 17  
Колегова К. 173  
Копенкина Л.В. 5, 248  
Климин М.А. 107  
Кремчеев Э.А. 141, 147, 213  
Кузюбердина Д.А. 227  
Купорова А.В. 179, 187, 252  
Ларина Г.В. 59, 194  
Лебедев В.В. 201  
Лукин С.М. 11  
Лысак Л.В. 31  
Мазей Н.Г. 283  
Мазей Ю.А. 283  
Маслов М.Н. 163  
Маслов С.Г. 115  
Мерзлая Г.Е. 67  
Мигловец М.Н. 208  
Мисников О.С. 22  
Михайлов О.А. 208  
Михеева Т.В. 233  
Моторин А.С. 297  
Нагорнов Д.О. 213

- Наумов А.В. 72  
Новиков С.М. 76  
Орлов А.С. 221  
Остроухов А.В. 107  
Поздняков Л.А. 227  
Позднякова А.Д. 227, 233  
Порохина Е.В. 131, 237  
Пухова О.В. 136, 201  
Родионова А.Б. 241  
Селянина С.Б. 221  
Сергеева М.А. 131, 237  
Синицын В.Ф. 248  
Смагин А.В. 83  
Столбикова Г.Е. 252  
Субота М.Б. 259  
Тархов М.О. 276  
Тимофеева М.В. 263
- Уланов А.Н. 102  
Фомичев Е.Е. 237  
Цыганов А.Н. 283  
Чаков В.В. 107  
Чернышов В.А. 283  
Чертков В.А. 270  
Черткова Е.Ю. 270  
Чуванов С.В. 276  
Шурова М.В. 59, 194  
Юшковец С.Ю. 283  
Яблонев А.Л. 125, 158  
Ялбачева О.А. 194  
Gasa W. 113  
Meysner T. 113  
Styła K. 113  
Szajdak L.W. 113  
Szczepański M. 113

*Научное издание*

## **БОЛОТА И БИОСФЕРА**

Материалы Всероссийской с международным участием  
X школы молодых ученых  
(17-21 сентября 2018 г.)

Под редакцией д-ра с.-х. наук, чл.-корр. РАН, проф. Л.И. Инишевой

Подписано в печать 01.08.2018 г. Формат 60×84.  
Усл. печ. л. 38, 7. Тираж 100 экз. Заказ №2.

Отпечатано в Центре инженерной печати  
Тверской государственной технической университет  
170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д.22, оф. 7  
Тел.: (4822) 78-72-93  
E-mail: 69print@mail.ru