



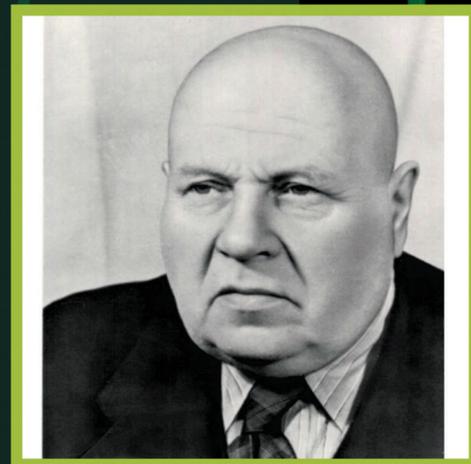
# Научный журнал

Восточно-Европейского института торфяного дела  
Тверского государственного технического университета



№18 (71) 2018

# ТРУДЫ ИНСТОРОФА



Министерство образования и науки РФ

**Восточно-Европейский институт торфяного дела**  
Тверского государственного технического университета

# **ТРУДЫ ИНСТОРФА**

**Научный журнал**

Издается с апреля 1922 года  
**Выходит два раза в год**

**№ 18 (71)**  
июль–декабрь 2018 г.

Тверь 2018

УДК 622.331(05)  
ББК 26.343.4я5

Труды Инсторфа: научный журнал. № 18 (71)  
(июль–декабрь 2018 г.). Тверь: ТвГТУ, 2018. 61 с.

*Учредитель и издатель:* ФГБОУ ВО «Тверской  
государственный технический университет»

*Главный редактор*  
проф., д. ф.-м. н.  
Андрей Викторович Твардовский

*Научный редактор*  
акад. НАНБ, д. т. н. И.И. Лиштван

*Редакционный совет:*  
проф., д. э. н. Г.А. Александров;  
проф., д. т. н. А.Н. Васильев;  
проф., д. т. н. В.И. Горячев; проф., д. т. н. Н.В. Гревцев;  
чл.-корр. РАН, д. с-х. н. Л.И. Инишева;  
проф., д. т. н. Б.Ф. Зюзин (*зам. научного редактора*);  
проф., д. т. н. А.В. Кондратьев;  
проф., д. х. н. Ю.Ю. Косивцов;  
проф., д. т. н. В.И. Косов; проф., д. б. н. О.Л. Кузнецов;  
проф., д. г. н. Б.В. Курзо;  
проф., д. б. н. Е.Д. Лапшина;  
проф., д. т. н. Б.И. Масленников;  
проф., д. т. н. А.В. Михайлов;  
проф., д. т. н. В.А. Миронов;  
проф., д. т. н. Б.В. Палюх; проф., д. т. н. В.Г. Селеннов;  
проф., д. т. н. В.Ф. Синицин; д. б. н. А.А. Сириин;  
проф., д. х. н. Э.М. Сульман; д. б. н. Т.К. Юрковская;  
доц., д. т. н. А.Л. Яблонев

*Редакционная коллегия:*  
проф., д. т. н. С.Н. Гамаюнов;  
проф., д. т. н. Ю.Н. Женихов;  
доц., д. т. н. О.С. Мисников;  
доц., д. г. н. В.В. Панов (*зам. главного редактора*);  
доц., д. т. н. К.В. Фомин

*Секретарь редакционной коллегии*  
к. т. н. А.Е. Тимофеев

*Технический редактор* к. т. н. В.В. Кузовлев

Свидетельство о регистрации  
Эл № ФС 77-41964 выдано 9.09.2010 г.  
Роскомнадзор

Редактор О.В. Чеховская

Корректор Т.С. Самборская

Технический редактор А.Ю. Соколова

E-mail: instorf@gmail.com  
Тел. редакции: 8(422) 78-93-91

Подписано в печать 26.01.19 г.  
Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. 7,625.  
ООО «Издательство «Триада»  
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, д. 9, оф. 514

ISSN 2224-1523

© Тверской государственный  
технический университет, 2018

## Содержание

**Михайлов А.В.**

Развитие глобального рынка торфа ..... 3

**Панов В.В., Токарев С.В., Женихов Ю.Н.**

Методические особенности разведки  
месторождений торфа в соответствии  
с целями их использования..... 8

**Зюзин Б.Ф., Жигульская А.И., Юдин С.А.**

Теория дистортности и основные  
гипотезы разрушения структур  
агрегатов торфяных систем..... 28

**Мокроусова И.В., Лаптева С.Б.**

Исследование биогенной аккумуляции  
химических элементов в торфяных  
месторождениях различного  
геологического окружения ..... 37

**Горячев В.И., Михеев И.И., Щербакова Д.М.**

Ленточный фильтр-пресс непрерывного  
действия с гидравлической  
регулировкой давления  
гидроцилиндров на нажимные ролики ..... 42

**Михеев И.И., Горячев В.И., Щербакова Д.М.**

Ленточный фильтр-пресс непрерывного  
действия с регулируемым углом между  
фильтровальными полотнами ..... 46

**Васильев А.Н.**

Взаимодействия рабочих органов  
машин при выполнении операции ..... 49

**Гусева А.М., Заливина Е.А.**

Производство торрефицированных  
пеллет на основе торфа:  
особенности и преимущества ..... 54

**Копенкина Л.В.**

И.Г. Блох (1888–1958) – профессор  
и ученый в области конструирования  
и расчета торфяных машин  
(к 130-летию со дня рождения)..... 57

УДК 622.331:001.12/18

## Михайлов А.В.

Михайлов Александр Викторович, д. т. н., профессор кафедры машиностроения Санкт-Петербургского горного университета. 199106, Санкт-Петербург, Васильевский о-в, 21-я линия, 2. ерс68@mail.ru.

## РАЗВИТИЕ ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА ТОРФА

*Аннотация.* В данном обзоре кратко отображены данные о развитии глобального рынка торфа на основе мониторинга открытых источников, данных ведущих международных специализированных агентств. Выявлены тенденции развития глобального рынка торфа в мировой практике по объему рынка, рыночных трендов, ключевых драйверов роста и возможных ограничений. Обзор будет полезен для российских производителей и экспортеров торфа и продуктов из него, в рамках понимания текущей ситуации, сложившейся в экспорте торфа, для выстраивания краткосрочных и долгосрочных стратегий развития и управления производством.

*Ключевые слова:* торф, торфяное топливо, растительный торф, глобальный рынок, тренды, драйверы, ограничения.

## Mikhailov A.V.

Mikhailov Aleksandr V., D. Sc., Prof. Department of Mechanical Engineering, Saint Petersburg Mining University. 199106, Saint Petersburg, 21st Line, Vasilevskiy ostrov, 2.

## GLOBAL PEAT MARKET DEVELOPMENT

*Annotation.* This review briefly displays data on the development of the global peat market on the basis of monitoring of open source and data from leading international specialized agencies. The tendencies of development of the global peat market in the world practice in terms of market volume, market trends, key drivers of growth and possible limitations are revealed. The review will be useful for Russian producers and exporters of peat and peat products, within the framework of understanding of the current situation in the export of peat, for building short-term and long-term strategies for the development and management of production.

*Key words:* peat, peat fuel, growing media, global market, trends, drivers, export restrictions.

## Введение

В 2018 году ряд ведущих международных специализированных агентств опубликовал отчеты маркетинговых исследований о развитии глобального рынка торфа. Так, например, по данным Statistics MRC, глобальный рынок торфа в 2017 году оценивался в \$3,65 миллиарда и, как ожидается, достигнет \$13,51 миллиарда к 2026 году, с учетом среднегодового темпа роста 15,7% за период прогноза [1].

В отчетах содержится анализ тенденций мирового рынка торфа с учетом последних маркетинговых исследований, отражаются последние статистические данные по объему рынка, внутреннего производства, экспорта и импорта, динамики цен и оборота в отрасли. Отчеты включают описание рыночных трендов, ключевые драйверы роста и возможные ограничения. Отчеты также включают сравнительный анализ ведущих стран-потребителей, открывающий возможности для производителей и экспортеров торфа по всему миру.

Обзоры рынка торфа предлагают подробный анализ для регионального уровня, такого как Северная Америка (США, Канада и Мексика), Европа (Германия, Великобритания, Италия, Франция, Испания, Россия и остальная Европа), Азиатско-Тихоокеанский регион (Япония, Китай, Индия, Австралия, Новая Зеландия, Южная Корея и другие), Южная Америка (Аргентина, Бразилия, Чили и др.) и Ближний Восток и Африка (Саудовская Аравия, ОАЭ, Катар, Южная Африка и другие).

Такие компании, как Klasmann-Deilmann GmbH, Varo Oy, Jiffy Products, Premier Tech, Sun Gro Horticulture, Lambert, Bord na Mona PLC, Rekyva, Coco Green, Dutch Plantin и Turveruukki Oy, являются лидерами глобального торфяного рынка. Varo Oy – крупнейший игрок на рынке Европы; Lambert является крупнейшим в Северной Америке.

## Торфяные месторождения и торф

Торфяные месторождения во всем мире занимают 4,074 тыс. км<sup>2</sup>, 86% которых находятся в естественном состоянии:

- около 10% торфяных месторождений осушены в последние десятилетия, специально для лесоводства или сельского хозяйства;
- площади добычи торфа занимают около 2000 км<sup>2</sup> (0,05% от общей площади торфяных месторождений в мире) [2].

В настоящее время в мире, согласно данным «U.S. Geological Survey» и статистическим

отчетам ряда стран, добывается около 26 млн т торфа (табл.) [3–5]. В 2016-м и 2017 гг. в мире добывалось около 26 млн т торфа в год, из которых около 51% использовалось для производства тепла и электроэнергии, остальные 49% – для нужд сельского хозяйства.

*Таблица.* Добыча торфа в мире (тыс. т)

**Table.** Peat extraction in the world (thousand tons)

Страна	2016	2017
Белоруссия	1554	2176
Канада	1120	1200
Эстония	569	570
Финляндия	7470	7500
Германия	3400	3400
Ирландия	3100	3600
Латвия	821	820
Литва	500	500
Польша	907	900
Россия	777	924
Швеция	2110	2100
Украина	570	570
США	441	440
Другие страны	1400	1400
Всего (округленно)	24,700	26,100

Большая часть торфа производится в странах Европы, среди которых Финляндия, Ирландия, Германия и Белоруссия занимают первые места по объемам его добычи.

Торф – самый эффективный компонент растительных субстратов, и с сегодняшней точки зрения нет никаких всесторонних альтернатив торфу в этой области применения:

- торф способен комбинировать свойства, которые ожидают от растительных сред;
- торфяные субстраты обеспечивают уникальную надежность при культивировании широкого спектра растений;
- торфяные субстраты высокого качества могут непрерывно производиться и поставляться на рынок;
- физические, химические и биологические свойства различных типов торфа после переработки в целом не могут быть превзойдены любым другим сырьем;
- с точки зрения культивирования растений, такое сырье, как древесное волокно, зеленый компост и кокосовый субстрат, являются ценным дополнением к торфу;

- только в сочетании их с торфом достигается желаемый агрономический эффект;
- торфяные растительные среды для саженцев деревьев способствуют росту растений, которые, во многих случаях, находятся в горшках в течение нескольких лет или высажены в грунт;
- на основе текущей ситуации отсутствие торфа в растительных средах может приводить к промежутку поставки субстратов, поскольку альтернативное сырье субстратов недоступно в достаточных количествах на рынке.

С учетом применения сегмент сельского хозяйства занимает значительную долю на мировом рынке торфа вследствие увеличивающегося потребления торфа в секторе, поскольку это обеспечивает сохранение влаги в почве в сухие периоды и защищает почву от переувлажнения на пастбищах и при выращивании зерновых культур.

В Великобритании, например, использование торфа стало под запретом. Природоохранное правительственное агентство заявило, что хочет постепенно сократить использование растительного торфа в хобби-секторе к 2020 году и в коммерческом – к 2030 году. Королевское общество садоводов – крупнейшая садоводческая организация в мире, сократило использование торфа на 97% в его четырех крупнейших садах и убеждает его участников последовать его примеру [6].

На этом фоне лидером по производству торфяной продукции для растениеводства выступает компания Klasmann-Deilmann – ведущая корпоративная группа в международной промышленности субстратов с торговыми и производственными компаниями в Европе, Азии и Америке. Более 70% торфяного сырья поставляются с месторождений, сертифицированных по критериям Responsibly Produced Peat (ответственное производство торфа). Уникальные системы контроля на каждом производственном этапе, объединенные с RHP-сертификацией (Regeling Handels Potgronden), гарантируют высшее качество продукции, по всей производственной цепочке, от добычи до переработки и от переработки до доставки конечному пользователю. Стратегический фокус компании на семейный бизнес среднего размера оценивается как чрезвычайно перспективный [2].

Рынок торфа для закрытого грунта показывает устойчивый рост. Сегодня это очень

серьезный сектор в мировой экономике. Среди основных потребителей – Голландия и Германия, в этих странах торф широко используется в цветоводческих хозяйствах. Сейчас появляются и новые крупные заказчики – Китай, Монголия и Корея, где начинает развиваться цветоводство, а также Египет и Турция, где растет производство овощей. Так, в США и Канаде на сельское хозяйство и садоводство идет около 95% добываемого торфа.

Возрастающий спрос на производство электроэнергии вследствие роста численности населения, увеличение индустрии алкогольных напитков, очистка воды и применение в закрытом грунте являются рядом факторов, способствующих росту рынка. Увеличение популярности биотоплива и внимания к развитию биопродуктов из торфа, как ожидается, обеспечит огромные возможности роста для рынка торфа.

Предполагается, что топливно-энергетический подсегмент рынка будет расти со значительной скоростью вследствие растущего спроса на торфяное топливо. Кроме того, Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций (UN) и Организации Объединенных Наций об изменении климата (UNFCCC) признала важность торфа как топливного ресурса, и это привело к росту требований от отраслей промышленности конечного пользователя. Этот прикладной сегмент, как ожидается, будет доминировать над мировым рынком в течение периода прогноза.

По данным ассоциации Energy Peat Europe (EPE), представляющей производителей энергетического торфа на уровне ЕС, энергетический торф является важным местным топливом для производства электрической и тепловой энергии в Ирландии, Финляндии, Швеции и Балтийских странах. Таким образом, энергетический торф приносит пользу Европейскому союзу в следующих направлениях:

- повышение энергетической безопасности и независимости;
- поддержание климата посредством разумного использования энергетического торфа;
- поддержка местных рабочих мест и сообществ в сельских районах.

По этим причинам важно сохранять конкурентоспособность и доступность энергетического торфа и его положительной роли в Европейском союзе [7]. На этом фоне следует отметить, что после 2030 г. Bord na Mona больше не будет производить энергетический торф [8].

Минэнерго России считает вопрос развития торфяной промышленности в России одним из основных приоритетов реализации государственной политики в сфере использования местных видов топлива и уделяет внимание развитию потребления местных видов топлива, в том числе торфа. Использование торфа в энергетических целях может принести выгоду в районах с дальнепривозным топливом, где имеются торфяные ресурсы и финансовые средства для строительства торфяных станций.

Рынок Северной Америки, как предполагается, будет расти с более высокой скоростью в период прогноза вследствие возрастающего спроса на торф в отраслях тяжелой промышленности, например, для очистки карьерных и шахтных вод [9].

Азиатско-Тихоокеанский регион, как оценивается, показывает высокий рост на рынке из-за быстрой урбанизации наряду с увеличивающимся населением, что приводит к чрезмерному спросу на торф в различных странах. Китай, Япония и Индия являются крупными игроками в этом регионе из-за растущего использования торфа в отраслях конечного использования, таких как сельское хозяйство, топливо и энергия, медицина и другие. Растущее потребление торфа в физиотерапии, ревматологии и спортивной медицине будет вести рынок выходя за период оценки.

Значительное развитие предсказано в латиноамериканском регионе (Бразилии, Уругвае и Аргентине) из-за растущего потребления торфа в сельском хозяйстве, системах фильтрации воды и других. Кроме того, умеренный рост оценен в ближневосточном и африканском регионах, таких как Катар, ОАЭ и другие, из-за меньшей популярности продукта в основных отраслях промышленности [10].

По прогнозам BusinesStat, в 2019 г. в мире уже будет продано 34,5 млн т торфа. В прогнозные годы Финляндия будет оставаться лидером по потреблению торфяного топлива. В 2019 г. доля страны в мировых продажах составит 23,7%. Наибольший рост продаж будет зафиксирован в Китае – значение показателя в 2019 г. составит 1,94 млн т. Причиной этого будет рост поставок торфа в Китай из России, Европы и Канады [11].

Спрос на торф для различного использования в Китае оценивается согласно планам по выращиванию и потребности в торфе на 1 га. Анализ материалов показывает, что Китай – один из самых больших новых потенциальных

рынков для торфа в мире. Совокупный спрос на растительный торф для рассады в Китае составляет приблизительно 49,51 млн м<sup>3</sup> в год. Совокупный спрос на растительный торф для гидропоники, включая вертикальное озеленение, домашнее озеленение, выращивание растений на крышах и балконах, составляет приблизительно 20,25 млн м<sup>3</sup> в год. Совокупный спрос на торф как почвоулучшитель для закрытого грунта составляет приблизительно 110 млн м<sup>3</sup> в год. Совокупный спрос на торф для функциональных удобрений составляет приблизительно 72,4 млн м<sup>3</sup> в год. Таким образом, суммарная потребность торфа в Китае составляет около 250 млн м<sup>3</sup> в год [12].

### **Ключевые выдержки из обзора российского рынка торфа**

Обладая большими торфяными ресурсами, Россия не является лидером по добыче и использованию торфа. Внутри России существуют реальные предпосылки для развития торфяной отрасли и, в частности, добычи торфяного топлива. На развитии отрасли отрицательно сказывается низкая инвестиционная привлекательность, вытекающая из несовершенства действующего законодательства по недропользованию, отсутствия нормативно-правовой базы, учитывающей специфику разведки и разработки торфяных месторождений, а также финансовой поддержки перспективных проектов и предприятий в этой сфере.

На протяжении последних трех лет в России наблюдается как спад, так и подъем производства торфа. В 2017 году в России было произведено 924 тыс. т торфа, что на 15,9% ниже объема производства предыдущего года. Производство торфа в июне 2018 года увеличилось на 85,4% к уровню июня прошлого года и составило 210,7 тыс. т. Лидером производства торфа от общего произведенного объема за 2017 год стал Северо-Западный федеральный округ с долей около 34,4% [13]. По прогнозам BusinesStat, в 2018–2022 гг. продажи торфа будут демонстрировать рост на 2,3–5% в год и достигнут к концу периода 1,3 млн т.

Помимо рынков Бельгии, Нидерландов, Германии, Финляндии, могут быть перспективными для российских производителей торфа и торфяной продукции страны Южной Европы, страны Ближнего Востока, Юго-Восточная Азия. Грунты на основе торфа Россия поставляет в основном в южные страны СНГ, причиной чего, очевидно, является не только

близость, но и наличие сложившихся связей. Согласно данным статистики Федеральной таможенной службы, Польша является вторым импортером российского торфа по объему закупок после Германии. В 2017–2018 году в Польскую Республику было экспортировано торфа на 2 млн евро. Особенность российского торфяного бизнеса состоит в том, что основные российские регионы-экспортеры торфа и торфяных смесей (Калининградская, Ленинградская области, Сахалин) являются приграничными и обладают морскими портами. Регионы, удаленные от границ и портов, в экспорте торфа практически не участвуют.

### Заключение

Краткий обзор перспектив развития глобального рынка торфа показал устойчивый рост рынка в течение прогнозируемого периода. Ключевым фактором, стимулирующим рост рынка, является увеличение количества топливного торфа (Европа), пользующегося спросом для производства электроэнергии при растущем спросе на растительный торф и росте использования торфяной продукции в природоохранных технологиях. Дана качественная оценка основных причин недостаточного современного развития экспорта торфа из РФ.

### Библиографический список

1. *Peat Market 2018 Global Trend, Segmentation And Opportunities Forecast To 2026*. URL: <http://www.doublet973.com/story/38857676/peat-market-2018-global-trend-segmentation-and-opportunities-forecast-to-2026> (дата доступа 20.08.2018).
2. *The Use of Peat in Commercial Horticulture*. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewi4ktfE3oLdAhVllySKHf26AroQFjAAegQIChAC&url=https%3A%2F%2Fklasmann-deilmann.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018-The-Use-of-Peat-in-Commercial-Horticulture-ENG-Long.pdf&usg=AOvVaw2xGO5ylbAVA3lyjs4BLHY2> (дата доступа 20.08.2018).
3. *U.S. Geological Survey, 2018, Mineral commodity summaries 2018: U.S. Geological Survey, 200 p.*, URL: <https://doi.org/10.3133/70194932> (дата доступа 20.08.2018).
4. *Сезон добычи торфа 2017 закрыт*. URL: <http://minenergo.gov.by/sezon-dobychi-torfa-2017-zakryt/> (дата доступа 20.08.2018).
5. *2018 Bord na Móna Annual Report*. URL: <https://www.bordnamona.ie/company/news/publications/> (дата доступа 20.08.2018).
6. *Is this popular gardening material bad for the planet?* [https://www.washingtonpost.com/life-style/home/should-sustainable-gardeners-use-peat-moss/2017/05/09/1fc746f0-3118-11e7-9534-00e4656c22aa\\_story.html?noredirect=on&utm\\_term=.7ab02d4b3863](https://www.washingtonpost.com/life-style/home/should-sustainable-gardeners-use-peat-moss/2017/05/09/1fc746f0-3118-11e7-9534-00e4656c22aa_story.html?noredirect=on&utm_term=.7ab02d4b3863) (дата доступа 20.09.2017).
7. *Energy Peat in Europe*. URL: <https://www.energypeat.eu/single-post/2018/02/21/Energy-Peat-in-Europe> (дата доступа 19.08.2018).
8. *Bord na Móna announces biggest change of land use in modern Irish history*. URL: <https://www.bordnamona.ie/company/news/articles/bord-na-mona-announces-biggest-change-of-land-use-in-modern-irish-history/> (дата доступа 19.08.2018).
9. *Minnesota firm tries an ancient solution to heavy metal pollution* URL: <https://www.mprnews.org/story/2018/04/06/minnesota-peat-filter-toxic-heavy-metal-contamination> (дата доступа 19.08.2018).
10. *Peat Market Potential Growth Rate | Top 10 Key Players, Booming Trends, Share, Industry Forecast, Opportunities, Development by Region Wise*. URL: [http://www.abnewswire.com/pressreleases/peat-market-potential-growth-rate-top-10-key-players-booming-trends-share-industry-forecast-opportunities-development-by-region-wise\\_255642.html](http://www.abnewswire.com/pressreleases/peat-market-potential-growth-rate-top-10-key-players-booming-trends-share-industry-forecast-opportunities-development-by-region-wise_255642.html) (дата доступа 19.08.2018).
11. *Анализ рынка торфа в России в 2013–2017 гг., прогноз на 2018–2022 гг.* URL: <https://marketing.rbc.ru/research/39893/> (дата доступа 19.08.2018).
12. *Meng Xianmin*. China: The next huge peat and growing media market in the world. Proceedings of the 15th International Peat Congress 15–19 August 2016. – Kuching, Malaysia, 2016. – P. 51–54.
13. *Рынок торфа. Текущая ситуация и прогноз 2018–2022 гг.* URL: <http://alto-group.ru/otchet/marketing/312-rynok-torfa-tekushaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html> (дата доступа 19.08.2018).

УДК 550.812.14:553.97.08

### **Панов В.В.**

Панов Владимир Владимирович, д. г. н., зав. кафедрой геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12. vvpanov61@gmail.com.

### **Токарев С.В.**

Токарев Сергей Васильевич, главный инженер ООО «Научно-производственный геологический центр «Недра». Нижний Новгород, улица Нартова, 2. stokvas@mail.ru.

### **Женихов Ю.Н.**

Женихов Юрий Николаевич, д. т. н., проф., зав. кафедрой природообустройства и экологии ТвГТУ. jenixov2@mail.ru.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОРФА В СООТВЕТСТВИИ С ЦЕЛЯМИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

*Аннотация.* Представлено развитие методов оценки торфяных отложений и их влияние на содержание инструкции по разведке торфяных месторождений. Показаны условия, которые определяли процедуру принятия решений по развитию торфяной отрасли. Определено значение стратиграфического подхода для дальнейшего развития методов разведки. Установлены основные проблемы современных средств и условий оценки торфяных месторождений.

*Ключевые слова:* торф, торфяное месторождение, геологическая разведка.

### **Panov V.V.**

Panov Vladimir V., Dr. Sc., Prof., Head of the Chair of Geology, Peat and Sapropel Processing of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12.

### **Tokarev S.V.**

Tokarev Sergey V., Chief Engineer, Scientific and Production Geological Center "Nedra". Nizhny Novgorod, Nartova street, 2.

### **Jenichov Y.N.**

Jenichov Yuri N. Prof., Head of the Chair of Environmental Engineering and Ecology of the Tver State Technical University.

## **METHODICAL FEATURES OF EXPLORATION OF PEAT DEPOSITS IN ACCORDANCE WITH THE PURPOSES OF THEIR USE**

*Annotation.* The development of methods for assessing peat deposits and their influence on the content of instructions for exploration of peat deposits is presented. The conditions that determined the decision making process for the development of the peat industry are shown. The significance of the stratigraphic approach for the further development of exploration methods has been determined. The main problems of modern means and conditions for the assessment of peat deposits are established.

*Key words:* peat, peat deposit, geological exploration.

## Введение

На завершающем этапе развития народного хозяйства СССР торфяная отрасль переходила на широкомасштабные государственные программы разведки и добычи торфяного сырья. Множество существующих малых форм организации торфяного производства считались неэффективными. Предполагалось создать недорогие крупные комплексы добычи торфа. *Масштаб добычи становится эффективным способом снижения себестоимости торфяного сырья, но при этом резко возросла роль стоимости его транспортировки, а особенно переработки.* Планировалось, что торфодобывающие компании будут сами перерабатывать торф, но этим планам не суждено было осуществиться.

Если раньше мелкий собственник, например, коллективное хозяйство, на свои средства определял, сколько ему добывать и как перерабатывать торф, то теперь он «ждал», когда ему доставят готовый продукт. В результате торф поступал в крупные совхозы в непереработанном виде. По этой причине в статистических материалах СССР резкое увеличение добычи торфа с 60-х гг. XX до конца 80-х никак не повлияло на рост урожайности сельхозкультур за тот же период. При этом надо учитывать резкий рост использования минеральных удобрений.

На протяжении последних ста лет инструкция по разведке торфяных месторождений менялась каждые 10–15 лет. Основными причинами изменения были новые способы добычи торфа, виды его использования, развитие нормативов учета сырья и управления отраслью в системе народного хозяйства страны. Кроме этого, в развитии методов оценки торфяных месторождений нашло отражение межотраслевое взаимодействие.

Изменения касались в большей степени установления границ однородного сырья, пересчета, ранжирования и утверждения его запасов, организации и планирования геологоразведочных работ, учета последствий добычи торфа и др. В техническом обеспечении активно развивались механизация и автоматизация полевых работ, математические и физико-химические методы оценки торфяных отложений. Особенно важными направлениями были аэроразведка и геофизические методы разведки (электромагнитные, акустические (георадарная), геохимические, радиохимические и др.).

Развитие методов разведки торфяных месторождений в советский период выполнялось в системе Наркомата земледелия РСФСР (ЦТОС – Центральная торфяная опытная станция). Начиная с 60-х гг. XX века функции по разведке торфяных месторождений перешли к Министерству геологии РСФСР (ПГО «Торфгеология»).

В рамках объединения были организованы специализированные экспедиции, научно-проектные институты и производства по их техническому обеспечению. Научное сопровождение выполнялось научными и образовательными организациями, прежде всего ЦТОС, Научно-экспериментальным институтом торфяного дела и его филиалами (Инсторф) и Московским торфяным институтом (МТИ (н. в. – Тверской государственный технический университет) и научными подразделениями треста «Гипроторфразведка» Мингео РСФСР. Значительная часть инструкции устанавливалась экспертным опытным путем. Особенно это было выражено на начальном и заключительном этапах развития инструкции.

В настоящее время центральной проблемой оценки торфяных месторождений по-прежнему является плотность их зондирования и опробования. Установление однородности торфяных месторождений во многом зависит от научных представлений о залегании торфяных отложений и их образовании. Опробование – это главная операция, позволяющая оценить качественное разнообразие торфяных отложений.

Основу методики опробования торфяной залежи в разной степени определяют:

- 1) *стратиграфическая или фазовая неоднородность* торфяной залежи от поверхности к дну на генетические однородные слои торфа – это модель эволюции типов или фаз питания болота, характеризующаяся зольностью торфа;
- 2) *ландшафтная или стадийная неоднородность* торфяного болота в зависимости от изменчивости формы исходной минеральной поверхности и внутриболотных образований (озер, островов) – модель взаимодействия биогеоценозов, выражающаяся в смене водного режима и показателе степени разложения торфа;
- 3) *динамическая неоднородность*, позволяющая установить связь границ в растительном покрове и границ внутри залежи.

Подобного рода неоднородность проявляет признаки цикличности или колебаний в профиле и плане торфяного болота.

В профиле неоднородность выражена в виде повторяющихся слоев торфа, вызванная изменением внешних условий, а в плане неоднородность вызвана эндогенным развитием болота и ярко выражена в кольцеобразном распределении свойств торфа (теплота сгорания, зольность и пр.). Вертикальная усиливает связь границ на поверхности и в залежи, а горизонтальная сглаживает. Недооценка «противоречивой» динамической неоднородности в свое время привела к снижению роли стратиграфического метода в методах оценки торфяных болот и его необоснованному забвению.

Основные методы определения однородности торфяных отложений – это статистический, основанный на оценке изменчивости свойств торфа независимо от его происхождения, стратиграфический, основу которого составляет поиск алгоритмов закономерного роста торфяного болота, определяющих границы однородности залежи, и опытный – постепенное геометрически равномерное сгущение точек опробования.

Плотность зондирования торфяной залежи определяет точность получения контура промышленных запасов торфяного сырья. Количество полезного ископаемого торфа определяется получением контура в промышленных границах и средней глубины торфяной залежи. Контур устанавливается проложением наземной съемочной сети в зависимости от *выбранных глубин границы*. По аэроснимкам можно установить примерные нулевые границы месторождения, но нельзя промышленные. Это одна из причин, по которой снимки не имеют приоритета в разведке. Средняя глубина определяется выбранной точностью зондирования и зависит от изменчивости дна.

*Аэрофотоматериалы позволяют установить топографические особенности мест-*

*ности, необходимые для определения общих горно-геологических и горно-технических условий. Для выбора конфигурации и ориентации сети осушения необходимо установить форму его поверхности и максимальную глубину торфа для заложения магистрального канала к водоприемнику. С помощью аэроснимка, обладая достаточным опытом, можно определить положение осушительной сети, но нельзя определить длину магистрального канала за пределами месторождения.*

### **Основные особенности обоснования методов разведки**

Первая инструкция по разведке торфяных месторождений в советской России появилась в 1922 г. [1]. В год издания вышло постановление о выделении торфяных залежей республики в *особый Государственный торфяной фонд*<sup>1</sup>. Чтобы ввести залежь в данный фонд, она должна быть обследована по единой методике, что соответствует цели Инструкции 1922 г.

В 1928 г. под редакцией сотрудников ЦТС (ЦТОС) вышла работа [4], которая является вторым изданием Инструкции 1922 г., основная причина ее появления – землеустроительные задачи. Землеустройство (размежевание) в тот период могло привести к разделению торфяных болот, которые пока не включены в особый фонд, и передачу их поверхности в иное использование, кроме энергетического. В условиях энергетического кризиса это было недопустимо.

В общем, Инструкция была направлена на возможность развития торфяной отрасли через аренду земельных отводов частными или коллективными организациями. Государство на тот момент было заинтересовано в развитии данного вида кооперации, позволяющей занять крестьян добычей топливного торфа, подстилки и сырья для удобрения своих сельхозполей.

<sup>1</sup> Декретом от 1922 г. «О торфяных болотах» Госторффонд включал в себя все болота, имеющие промышленные запасы торфа, которые могут быть использованы для разных целей. «Промышленные запасы» как понятие формировались исключительно исходя из практики. В работе Д.А. Герасимова [2] указано: «...согласно договоренности между Инсторфом и НКЗ принята для учета топливных торфяных запасов условная глубина в 50 см в осушенном и 70 см в неосушенном состоянии болота». В 1933 г. появилось понятие «торфяное месторождение», а 1934 г. на конференции по водно-болотному кадастру произошло разделение торфяных болот и заболоченных земель по глубине (нулевой границе) болота в 30 см в неосушенном состоянии. В дальнейшем понятие осушенности стало более конкретным – в конечном итоге неосушенная залежь имеет влажность торфа более 88% [3]. С 1943 г. Госторффонд был преобразован в Главторффонд при НКЗ РСФСР (1943–1946), при Министерстве земледелия РСФСР (1946–1947), при Министерстве сельского хозяйства РСФСР (1947–1948). С 1948 г. Главторффонд подчинялся Совету Министров РСФСР, с 1953 г. преобразован в Управление торфа и торфяного фонда Министерства сельского хозяйства и заготовок РСФСР и далее Минсельхоза РСФСР. С 1955-го по 1960 г. – Главторффонд при Совете Министров РСФСР.

Данная Инструкция отличается от первого издания тем, что 1) повышена точность геодезических работ; 2) увеличено количество пунктов зондирования для болот вытянутой формы залегания; 3) предложены точные методы подсчета средней глубины и запасов сырья<sup>1</sup>; 4) приводятся примеры технического плана разведанного болота и профиль водоотводящей канавы. Впервые получило обоснование разделение обследования на рекогносцировочное и детальное.

Следует подчеркнуть, что в данной Инструкции, прошедшей всестороннее обсуждение, приняты все основные методы и параметры оценки болот, сопровождающие развитие геологоразведки болот в XX веке. Точность выполнения большинства видов полевых работ практически сохранилась без изменения. Например, максимальная плотность опробования 1928 г. и 1983 г. практически совпадает. В первом случае – это результат опыта, во втором – статистической обработки.

*На протяжении 60 лет решение проблемы плотности опробования рассматривалось через научное обоснование ее допустимого разряжения. То же можно сказать о подсчете средней глубины, несмотря на неоднократные попытки его усовершенствовать.*

Издание А.Ф. Баусина [5], вышедшее в 1933 г., было учебным пособием по разведке болот для студентов Московского торфяного института. Большая часть материала заимствована из Инструкции 1928 г. В отличие от последней анализ пятилетнего опыта полевых работ позволил повысить точность оценки однородности торфяной залежи. Это было связано с тем, что на первый план вышли вопросы качества торфяного сырья. Общий запас перестает быть ведущей характеристикой для эксплуатации торфяного болота. Качество сырья и его неоднородность становятся главной задачей геологоразведки. Появилась идея – использовать разные части болота в разных целях.

В учебнике А.Г. Мартинсона и В.П. Веденского [6], основанном на материалах Всесоюзного института торфа, в соответствии с принятым в 1933 г. Постановлением о классификации запасов твердых полезных ископаемых, торфяные месторождения по

изученности делятся на категории А (действительные – детально разведанные  $A_1$  и  $A_2$ ), В (вероятные – рекогносцировочно разведанные), С (возможные – прогнозные, маршрутно разведанные  $C_1, C_2$ ). Показательными в этом учебнике являются рассуждения о том, что «...качество составляемых проектов и срок их выполнения отстают от требований, предъявляемых к развивающимся быстрым темпом строительством, причем в большей степени виноваты в этом исследовательские работы..., но если в этом деле ввести социалистические методы труда и ... можно добиться многого...».

По мнению авторов, качество исследовательских работ повысится, если будет календарный план, стахановский подход и трудовая дисциплина. Все это указывает на серьезные трудности в реализации государственных планов по освоению торфяных ресурсов. Высокие затраты, низкое качество исполнения, срывы сроков и пр. вызвали серьезные последствия для руководителей отрасли, многие из которых были репрессированы.

По степени точности в соответствии с Инструкцией Госплана 1933 г. принято различать: 1) маршрутно-экспедиционное обследование, 2) рекогносцировочное, 3) предварительное исследование, 4) детальное и 5) производственно-эксплуатационное.

Отмечено, что плановое положение болот следует привязывать к единой государственной сети. Причем этому вопросу уделяется много текста, что указывает на появление общих требований для геодезических работ в СССР в виде Инструкции 1935 г. о крупномасштабных съемках. До этого времени плановая съемка болот выполнялась для разбиения зондировочной сети и привязки границ земельного отвода торфоразработок к соседним межам или коммуникациям и требовалась в большей степени для подсчета запасов торфа.

Здесь впервые указывается, что *согласно Инструкции Госплана, необходимо представить торфмейстерский план распределения технических свойств основных типов залежи, план с нанесением однородных участков* и т. д. К этому моменту сложился фрезерный способ

<sup>1</sup> Для обоснования этих расчетов инженер Е.Н. Кандауров разработал математическую модель, показывающую, что средняя глубина должна определяться отношением объема залежи к ее площади. Объем залежи он предложил определять по номограмме, не прибегая к вычислениям. Его метод позволял определять запасы практически с произвольными расстояниями между пунктами зондирования залежи [5].

добычи торфа<sup>1</sup> как самый «прогрессивный» с точки зрения добычи, но с использованием фрезерного торфа все было сложнее.

Важно отметить, что отражение свойств торфяных отложений в равной степени представлялось однородными стратиграфическими участками и изолиниями зольности и степени разложения всего торфяного болота, фактически указывая на послонные изменения этих свойств<sup>2</sup>.

Многoplanовые исследования по учету и оценке торфяных болот, выполненные в 30-х гг. XX века, нашли отражение в трудах ЦТОС [8]. Всего было выпущено 7 номеров трудов, посвященных методам исследования или разведке торфяных болот. Наиболее завершённый вид они получили в 5-м и 6-м номерах [9, 10]. Однако, несмотря на снижение конкурентных отношений в 40-х гг. между ЦТОС (некоторое время ВИТ – Всесоюзный институт торфа ВАСХНИЛ) и Инсторфом (МТИ) за право разрабатывать нормативные документы для отрасли в соответствии со своей идеологией<sup>3</sup>, начиная со второй половины 40-х гг. приоритет в методологии и методическом обеспечении отрасли получает МТИ (Инсторф и его филиалы, например, ВНИИТП). Существовавшие до этого времени допустимые разночтения в методическом обеспечении торфоразведочных работ были устранены.

Рассматриваемые работы в целом являются не Инструкцией, а Руководством к описанию и

изучению торфяных болот, как и более ранние издания ЦТОС. Тексты имеют авторский взгляд, подчеркивается, что исследования болот включают общие вопросы, связанные с изучением болот, а также специальные, отвечающие на вопросы использования торфяных болот. В большей степени в этих изданиях выражено стремление научно обосновать приемы описания параметров болота. Рассматриваются такие вопросы, как возможность использования карты растительности для оценки сенокосения, заготовки мха, дров и пр. Это больше похоже на оправдание научных исследований при изучении болот, чем ответы на вопросы о необходимом количестве разведочных работ.

Вопросы о плотности сети зондирования торфяной залежи по-прежнему опирается на опыт и повторяет методики, изложенные в изданиях ЦТОС. Порядок опробования залежи геометрически правильный или, как указывает автор раздела – шахматный. Интересно отмечено, что отбор проб торфа выполняется на всю длину челнока – 0,25 или 0,37 м, но при *технических* исследованиях через 0,5 м. Таким образом, работы ЦТОС отвечают больше исследованию болот и всех их ресурсов, отделяя научные исследования от технического, что больше отвечает задачам торфодобычи<sup>4</sup>.

Подробно показаны приемы составления графических материалов. Наиболее ярко выражены предложения по изображению планов и

<sup>1</sup> В работе [2] уже нашло отражение влияние способа добычи торфа на его оценку: «...торф, смешиваясь при машинно-формовочном или гидравлическом способе добычи... придает хорошие качества торфяному продукту...», и далее – «Используя болото послонно, приходится особенно считаться с его стратиграфией... (снимая сначала один слой, затем следующий с разными свойствами)». Выделение однородных стратиграфических участков виделось как значительное снижение трудозатрат на разведку болота, а перемешивание верхних слоев с нижними при формовании – как важный фактор повышения качества торфяного сырья при «глубинном» способе добычи. При поверхностном способе добычи перемешивание торфа достигалось только смешиванием торфа разных стратиграфических участков. При этом качество торфяного сырья снижалось, т. к. смешивание было формальным – объем одного качества чередовался с объемом другого, сырье поступало, например, то с большей степенью разложения, то с меньшей.

<sup>2</sup> Д.А. Герасимов указывал на затратность и механистичность подобного представления свойств залежи в сопоставлении со стратиграфическим делением залежи на однородные участки [2].

<sup>3</sup> Вопрос о конкуренции между ЦТОС (Наркомзем) и Инсторфом (Наркомтяжпром) официально в документах нигде не отражен. Однако, следуя логике работ, нормативные документы для отрасли исторически разрабатывали в системе Наркомзема. Топливные ресурсы относились к ведомству Наркомтяжпрома и, предположительно, это ведомство в тот момент выдвигало задачу получения топлива как более приоритетную в сравнении с использованием торфа в сельском хозяйстве. В этот момент торф имел стратегическое значение. С 70-х гг. торф фактически теряет свое значение, но система, сформированная в 20–30-х гг., продолжала существование до начала XXI века [11]. С этого периода начинается новый этап в использовании болот, основу которого составляют многоотраслевая принадлежность торфяных болот и старение нормативной документации, выработанной на протяжении ста лет.

<sup>4</sup> Разделение исследований болот на решение узких технических задач и общересурсных сохранялось длительное время, практически до начала 60-х гг. Узкие технические характеристики торфяных месторождений, необходимые для проектирования торфопредприятия, дополнялись достаточно обширными сведениями о происхождении и развитии болот. В последующем произошло значительное сокращение сведений об особенностях болот. Это было, в первую очередь, связано с отсутствием в подразделениях геологического ведомства специалистов-болотоведов. В целом классификация видов торфа и торфяных залежей МТИ [12], как и геоморфологическая классификация торфяных месторождений, являются в большей степени научными достижениями. В практике торфодобычи их роль с момента появления неуклонно снижалась.

разрезов торфяных отложений<sup>1</sup>. Графика предполагала отображение торфа параллельно цветом, штриховкой и символом.

Учебник С.Н. Тюремнова [13] отражает идеологию геологоразведочных работ, проводимых в Московском торфяном институте с 20-х гг. Являясь «наследниками» ЦТОС и Инсторфа, сотрудники МТИ, в отличие от сотрудников ЦТОС, разработали принципы описания торфов, основанные на «генезисе» торфа, выраженном в устойчивой связи свойств торфа с близким к исходному растительным сообществом.

Основной единицей описания торфяной залежи стал пластообразующий слой торфа мощностью не менее 0,25 м и протяженностью не менее 100 м. Этот слой состоит из первичных видов торфа возможно меньшей мощности, классификация которых так и не была разработана. Пластообразующему слою торфа, который имеет промышленное значение, соответствует торфяно-болотный фитоценоз, который свою очередь также является «сборным» понятием. Это некоторая совокупность исходных растительных сообществ, доминантные виды которых сохранились в слое торфа мощностью не менее 0,25 м.

Основу этой классификации предложил Д.А. Герасимов [14]. По его мнению, свойства торфа формируются в фациальной обстановке на поверхности торфяной залежи, где растительность также является частью этой фации. В зависимости от меняющихся внешних условий из одного итого же растительного сообщества за период 15–35 лет могут формироваться торфа с разными свойствами. И наоборот, при других условиях из разных фациальных обстановок могут образовываться торфа с близкими свойствами.

Отличительной особенностью представления стратиграфических особенностей торфяных залежей по МТИ является наличие резких границ между пластообразующими видами торфа. По версии ЦТОС, границы могут отсутствовать, а свойства торфа могут меняться плавно. Для промышленности подобный подход был менее приемлем, в отличие от более «жесткого» МТИ.

Роль границ в торфяной залежи в настоящее время не рассматривается, в то время как она исключительно важна для понимания причин появления стратиграфического метода. Классификация видов торфяных залежей не могла быть разработана, если бы между слоями торфа не были бы проведены резкие границы. Часть незначительных границ сознательно скрывалась, и в этом виделось выражение стратиграфической закономерности или «чистоты». Следуя подходу ЦТОС, количество торфяных залежей было излишне большим и неограниченным в перспективе, как и количество видов торфа, что оценивалось как положительный факт.

Второй причиной появления классификации видов торфяных залежей был способ добычи торфа. Во-первых, при добыче торфа на всю глубину в виде карьера торфяная масса, извлекаемая одновременно со всей глубины, смешивалась (формовалась) для получения продукции. Статистическая обработка более 14 тыс. стратиграфических разрезов позволила по средним показателям глубины залежи, степени разложения, зольности и теплоты сгорания достаточно убедительно разделить виды залежей на 25 единиц, которые формально показывали 25 видов торфяного сырья и видов его использования [12, 13].

Этот момент – влияние технологии добычи торфа на оценку месторождения, в настоящее время игнорируется, а соотношение мощности слоев торфа разного состава постоянно критикуется<sup>2</sup>. Причина «забывчивости» в доминировании в последние десятилетия фрезерного способа добычи, при котором смешивание торфа со всей глубины не имеет значения.

МТИ представили Главторфонду РСФСР классификации видов торфа и видов торфяных залежей, и в 1949 г. обе классификации были утверждены как единственно допустимые при разведке торфяных месторождений [12].

Вместе с прекращением использования классификации торфа ЦТОС остались без внимания и изображения свойств торфа в виде изолиний в торфяной залежи. Но идея послойного изменения свойств торфа сохранилась и получила продолжение в новой сис-

<sup>1</sup> В противовес разработкам Инсторфа, вид торфа по ЦТОС в большей степени являлся условной единицей и получался путем количественного соотношения остатков видов растений. Соответственно и залежь представлялась не столько пластами торфа, сколько совокупностью остатков видов растений. Например, остатки пушицы отображались на разрезе как одно целое в слое с преобладанием остатков сфагнового мха и в слое с преобладанием остатков шейхцерии или осоки. Границы между слоями торфа имели условное значение.

<sup>2</sup> Это относится как к тем, кто придерживается стратиграфического подхода, так и к его оппонентам.

теме категорий торфяного сырья. Ее основу составляли не ботанические признаки, а два основных показателя – зольность и степень разложения торфа.

Учебник С.Н. Тюремнова утвердил следующие важные понятия: 1) «стратиграфический метод» изучения торфяных отложений; стратиграфическая однородность торфяной залежи<sup>1</sup>, что стало основой классификации видов торфяных залежей МТИ; 2) «торфяное месторождение» включает в себя растительность, торфяные отложения и гидрогеологические условия его залегания, отраженные в его стратиграфии. Это явилось основой разработки классификации торфяных месторождений по их геоморфологическому залеганию<sup>2</sup>.

Руководство по разведке 1953 г. [15] составлено специалистами Главторфонда. Разведка торфяных месторождений в этот период становится «совершенной». СССР становится первой страной в мире по запасам торфа. Объем разведочных работ превышает дореволюционный уровень в 100 раз. При этом подчеркивается значение роста доли сельскохозяйственного торфодобычания.

Произошло незаметное, но важное изменение, данная отрасль получила определенную независимость. По сути, все нормативные акты РСФСР, касающиеся болот, регулировались Главторфондом, а в последующем Главторфом. На него возлагались: 1) выявление и комплексное изучение торфяного фонда; 2) учет, систематизация и картографирование фонда; 3) распределение торфяных запасов между ведомствами и министерствами; 4) контроль за разведкой и использованием ресурсов на всех уровнях; 5) разработка единых нормативных и инструктивно-методических руководств; 6) руководство научно-исследовательской работой; 7) контроль за качеством торфа; 8) издание справочников и карт торфяного фонда.

Этим руководством условно можно подвести черту в развитии разведки торфяных месторождений, осуществленной на протяжении предшествующих 50 лет.

По мнению А.С. Оленина, разведка торфяных месторождений «...превратилась как бы в особую техническую отрасль, обуславливающую масштабы и направленность даль-

нейшего использования торфяных запасов страны». В этот период времени изученность торфяного торфа в европейской части России составляла по областям от 70 до 99%.

В качестве нового в данном издании следует выделить подробно излагаемый камерально-аналитический метод выявления торфяных месторождений. Он представляет собой совокупность приемов, камерального анализа крупномасштабных топографических и специальных карт, а также литературных данных. Большие возможности в определении свойств болот предлагала аэрофотосъемка, позволяющая по системе признаков прогнозировать мощность и стратиграфию торфяных отложений. В этом главную роль играют ранее разведанные торфяные месторождения, играющие роль аналогов по геоморфологическому залеганию и структуре (рисунку) поверхности болот.

Кроме камерально-аналитического метода предлагается камерально-экспедиционный метод, основанный на сочетании камерально-аналитических схем с аэровизуальными и наземными обследованиями. В дальнейшем это направление завершилось выделением прогнозных ресурсов торфа.

Подсчет запасов торфа производится по стратиграфическим участкам и месторождению в целом. Предельно ясно показан метод расчета средней глубины по номограмме, следуя модели Кандаурова, расчет упрощен до отношения площади профиля болота к его длине. При определении пнистости указывается «старый» метод ЦТОС и рекомендуется «новый» И.Ф. Ларгина (МТИ), предлагающий оценку пнистости по отдельным горизонтам залежи. Это в большей степени отвечает интересам фрезерного способа добычи торфа. Появилось разделение запасов: балансовый в современном понимании и «браковочный торф» – забалансовый запас.

Подсчет запасов по стратиграфическим участкам сохранялся как основной в условиях, когда все способы добычи торфа были «равноправными». С 1961 г. в материалах Коммунистической партии СССР фрезерный способ добычи был определен как наиболее экономически прогрессивный. Добыча «крошки» стала приоритетом по себестоимости и механизации

<sup>1</sup> Первоначально предлагалось понятие только типологического участка (низинного, переходного и верхового) торфяной залежи по ЦТОС. В данном случае типовые участки стали делить на стратиграфические участки по видам залежей.

<sup>2</sup> Классификация основывалась на идее Д.А. Герасимова о болотной системе [2] как совокупности болот склона речной долины с взаимозависимым развитием.

добычи торфа фрезерным способом. С этого момента стратиграфический метод подсчета запасов стал уменьшать свое значение для проектирования тофодобывающих предприятий [16]<sup>1</sup>. К 1986 г. доля торфа, добытого фрезерным способом, достигла 99,6% [17].

Разрешение на разведку месторождений более 100 га<sup>2</sup> в промышленных границах выдавал Главторф РСФСР, но выполнение топографо-геодезических изысканий проводилось по разрешению Государственного геодезического надзора ГУГК МВД СССР.

Технические условия 1954 г. [18] являются дополнением к изданию 1953 г. Приложения с примерами оформления отчетов по разведке торфяных месторождений приобрели канонический привычный на современный момент облик.

Техусловиями устанавливаются виды торфоразведочных работ: а) поисковые, б) маршрутные, в) рекогносцировочные, г) детальные. Поясняется, что месторождения менее 100 га относятся к местному торфяному фонду, а более 100 га – к промышленному.

В 1955 г. вышли Рекомендации по разведке малых месторождений до 10 гектаров в промышленных границах для сельского хозяйства, которые ориентировали местные власти и машинно-торфяные отряды на добычу торфа бульдозером [19]. Эти рекомендации частично отражали Технические условия 1954 г., но были упрощены. В первую очередь это были земли колхозов и разрабатывать месторождения торфа часто они должны были своими силами. При том, что планировалось создать более 1480 специализированных отрядов при машинно-тракторных станциях (МТС). К особенностям разведки месторождений до 10 га можно отнести: 1) промышленная глубина проводится по 0,5 м; 2) схема осушения, подготовки и добычи выполнялась одновременно с разведкой – схема осушения наносится сразу на план; 3) свойства торфа допустимо определять визуально в поле в соответствии с табличными данными; 4) пикетаж разбивается от 20 до 50 м по поперечникам; 5) водоприемник визуально выбирается так, чтобы его внешние

воды не затапливали торфяник; 6) пнистость допустимо определять только при зондировании залежи на пикетах; 7) нивелируется только магистраль и ход к водоприемнику и пр.

Проектируемая осушительная сеть состоит из магистрального канала и картовых. Добыча торфяного сырья предполагала: вспашку раз в год слоя 0,3–0,4 м вместе с растениями и кочками, его рыхление фрезами и боронами, ворошение культиваторами и сбор бульдозером.

Нельзя сказать, что это примитивный метод разведки и добычи. В современных условиях, особенно когда это касается таких месторождений на собственной земле и для собственных нужд, он вполне пригоден. Это подтверждает опыт добычи торфа силами колхозов и совхозов в советское время до начала 90-х гг. XX века.

В 1956 г. вышел учебник по разведке торфяных месторождений [20]. Это было второе издание (первое вышло в 1951 г.), которое учитывало изменения, отраженные в Руководстве 1953 г. и Технических условиях 1954 г. Как и все учебники, вышедшие в системе Инсторфа и МТИ, это издание было направлено на исследования торфяных месторождений в соответствии с добычей торфа: «*Производственно-техническая оценка торфяных месторождений ... производится в результате так называемой разведки торфяных месторождений...*». Правильность такой оценки обеспечивается твердым знанием требований, предъявляемых к торфяным месторождениям при их использовании и разработке.

Интересным представляется взгляд авторов на комплексное использование торфа<sup>3</sup>. По сути, такое использование является отражением стратиграфического разнообразия торфяных месторождений. Например, «... расчленение месторождений на разнородные по качеству участки диктует необходимость дифференцированного подхода к их использованию. Такие месторождения требуют комплексного использования...». Здесь проходит грань понимания комплексного использования торфяных месторождений и комплексного использования торфа.

<sup>1</sup> Период перехода от «обычных» торфодобывающих предприятий к «комплексным» торфопредприятиям. В программе построения коммунизма за два десятилетия подчеркивается, что торфяное топливо – дешевое, добыча торфа в больших масштабах снижает себестоимость, торфяная крошка идет на подстилку, а удобрения на ее основе высокоэффективны, как и богатейшие угодья на осушенных болотах.

<sup>2</sup> Менее 100 га – разрешение выдавалось местными органами.

<sup>3</sup> Д.А. Герасимов использовал понятие «комбинированное использование» – использование разных частей торфяного месторождения в разных целях [2].

В первом случае, стратиграфическое разнообразие залежей, явившееся крупным научным достижением своего времени, «подталкивает» торфодобывающую отрасль к многообразию, а, с другой, является «ограничивающим» отрасль условием, без которого выгоднее добывать некоторый «общий вид»<sup>1</sup> торфа, а в дальнейшем использовать его комплексную переработку. В работе А.Л. Ямпольского [21] это отражено так: «...с успешным завершением научно-исследовательских работ и опытно-промышленного освоения ряда торфоперерабатывающих производств возрастет потребность в продуктах термической, химической и биохимической переработки торфа... (так отрасль преобразуется) ...в отрасль, объединяющую производства по комплексному использованию торфяных ресурсов».

То есть соединение торфодобывающих производств с торфоперерабатывающими с широким спектром выпускаемой продукции является первым этапом комплексного использования торфяных месторождений. Следующим этапом развития комплексного подхода, по мнению автора, являлось бы использование торфяных болот и месторождений до их освоения или после в рамках одной многоотраслевой системы.

Во второй половине 50-х гг. основной акцент в развитии методов разведки торфяных месторождений был следующий [22]: «Разведка... производится в продолжении многих лет, однако... отсутствуют научно-обоснованные методы определения расстояний... (между точками исследования)... (что)... способствует в работе созданию излишеств. ... Борьба с излишествами ведется<sup>2</sup>... В торфоразведочном деле уровень знаний и опыт разведки... значительно увеличились, и это позволяет творчески подходить к вопросу... о плотности сетки на разведку торфяном месторождении... с учетом его особенностей... изменчивости показателей и т. д.».

В борьбе с излишествами предлагалось [23]:

1) отбор проб торфа по профилю залежи на

зольность и влажность следует выполнять по однородным слоям, а не геометрическим, но всегда в верхнем и придонном слоях залежи; 2) площадь, приходящаяся на один пункт опробования на зольность для различных видов залежей, не одинакова и меняется от 7 до 145 га, а для однородного участка с увеличением его площади плотность опробования снижается с 7 до 250 га и даже до 450 га; 3) шахматное расположение пунктов отбора торфа менее оправдано, в сравнении с расположением пунктов в зависимости от однородности торфяной залежи.

Далее в [24] А.С. Оленин указывает: «...овладение стереоскопическим методом дешифрирования типологических черт поверхности торфяника и рисовки рельефа, что позволяет свести к минимуму наземные работы<sup>3</sup>. ... Дальнейшее углубление работ в области аэрогеологических методов... показало возможность... (промышленной оценки)..., осуществляем(ой) ую в настоящее время с помощью детальных наземных съемок».

В этом же сборнике Я.Н. Задунайский предлагает выполнять топогеодезические работы по фотопланам без проложения в натуре планового обоснования, что сократит трудозатраты до 40%. Значительно сокращаются объемы работ по геоботаническому и таксационному обследованию. В работе Д.И. Рунова [22] представлена возможность разрежения съемочной сети в зависимости от увеличения площади торфяных массивов именно с использованием аэроснимков. В его работе было достаточно революционным предложение определять съемочно-зондировочную сетку в зависимости от изменчивости дна месторождения<sup>4</sup>.

Инженер Б.С. Хейфец предложил математические методы анализа (кубатурные формулы) для определения запасов торфяного сырья. По результатам его исследований показано, что количественные параметры торфяных отложений зависят от форм контура торфяного месторождения. Вписывая в контур месторождения с использованием аэроснимка фигуры, напри-

<sup>1</sup> Прообраз понятия «категория сырья» в современном виде и основы промышленной классификации торфяного сырья.

<sup>2</sup> Остается предположить, что расходы на разведку торфяных месторождений становятся значительным ограничивающим условием развития отрасли. В то же время появление ошибочных решений о постройке заводов или ТЭЦ по использованию торфяного сырья было признано результатом недостаточной разведки месторождений. Это привело к требованию промышленности повысить плотность и подробность изучения торфяного сырья.

<sup>3</sup> Топографические работы занимали по трудозатратам до 40% всех полевых исследований. Вероятно, что неиспользование стереоскопического метода в практике торфоразведочных работ было ограничено в определенном смысле соображениями секретности.

<sup>4</sup> В Инструкции 1983 г. эти сведения уже являются определяющими как по конструкции сети, так и по плотности опробования [25].

мер, квадрат, прямоугольник или трапецию, можно получить сведения о запасах торфа. Наиболее точные сведения получают при равномерных фигурах – для детальной разведки, и менее точные – при неравномерных, для маршрутных исследований.

*В последующее десятилетие использование аэроснимков в практике торфоразведочных работ было незначительным. Научно-исследовательские работы в этом направлении постепенно закрывались, начинался новый этап в развитии геологоразведки – промышленность, потребляющая торф, не требовала знаний о его разнообразии. Напротив, торфяное месторождение становится объектом с максимально унифицированным промышленным сырьем. Большие объемы торфа с пониженным качеством становятся рентабельнее качественного сырья малого объема. Изменилось понятие комплексного использования торфа.*

Спустя десять лет вышли новые Технические условия 1964 г. [26], отменяющие Условия 1954 г. Появление Условий связано с Постановлением Совета Министров РСФСР 1961 г. о добыче и комплексном использовании торфа в сельском хозяйстве, которым предусмотрено значительное увеличение добычи торфа. К тому моменту Главторф разделился на Главный институт «Гипроторфразведка»<sup>1</sup> и Управление торфяного фонда Главного управления геологии и охраны недр при Совете Министров РСФСР с его постепенным упразднением и передачей функций Главгеологии РСФСР.

На Главгеологию РСФСР были возложены функции: 1) изучение и оценка торфяных ресурсов с целью их комплексного использования; 2) разработка и совершенствование методов торфоразведочных работ; 3) пересмотр и приведение в соответствие с требованиями комплексного использования торфа действующих Технических условий.

Указывается, что «... более комплексное использование ... устанавливает более высокие требования к оценке и изученности торфяной залежи...». Настоящие Условия установили: 1) требования к проектированию и производству геологоразведочных работ на торф; 2) состав и содержание геологической документации; 3) порядок производства геологоразведочных работ, передачи месторождений

и утверждения запасов; 4) единые принципы подсчета запасов и отнесения их к группам и категориям.

Появилось современное деление на «балансовые» и «забалансовые» запасы торфа с четким перечнем критериев их отнесения к группам запасов. Использование категорий запасов торфа А, В, С стало более четкими и приближенным к современным категориям. С этого момента торфгеологические исследования могут выполняться только специальными подразделениями Главгеологии РСФСР. Составление проектно-сметной документации на производство геологоразведочных работ на торф стало обязательным, а сами работы подлежали регистрации в отделах геологических фондов территориальных геологических управлений.

По составу и точности геологоразведочные работы не приобрели значительного отличия от прежних Условий, но больше внимания было уделено изучению химического состава торфа. Повышена точность опробования торфяной залежи за счет большего учета стратиграфических особенностей и конфигурации торфяного месторождения, нового ранжирования месторождений по площади. Опробование торфяной залежи требовалось выполнять не по равномерному распределению пунктов, а с учетом стратиграфии залежи или ее однородности. Структура сети зондирования стала отражать конфигурацию болота и его геоморфологическое залегание. Равногеометрическое исследование заменяется на более научно обоснованное и индивидуальное.

В завершение в 1966 г. вышло новое Руководство по разведке торфяных месторождений [27], в котором нашло наглядное пояснение о комплексности использования торфа. Методически показано выделение сырья на плане месторождения в зависимости от вида его дальнейшего использования. Все это учитывало постепенный переход на добычу торфа поверхностно-послойным способом, но настойчиво подчеркивалось значение стратиграфического метода изучения залежи, ее стратиграфической неоднородности. Это, с одной стороны, отвечало идее о комплексном использовании торфа, но снижало, с другой стороны, экономическую эффективность добычи из-за учета неоднородности залежи при фрезерном

<sup>1</sup> Специализированное геологическое предприятие «Торфгеология» МПР России без ЦГЭ (1943–1998): «Росторфразведка» (1943–1955), «Гипроторфразведка» (1955–1965), «Геолторфразведка» (1965–1968), ПГО «Торфгеология» Министерства геологии РСФСР-СССР (1969–1991), Специализированное геологическое предприятие «Торфгеология» (Роскомнедра-МПР России; 1992–1998).

способе. Это серьезное противоречие было устранено к концу 60-х гг. XX века, что привело к снижению роли разнообразия торфяных отложений<sup>1</sup> и применению аэрофотосъемки для разведки торфяных месторождений. *Торфяная отрасль «готовилась» к смене генетической классификации торфа на промышленную.*

В этот момент планировалось освоение крупных месторождений торфа на Северо-Западе, Урале и в Западной Сибири. Для освоения Западной Сибири требовалась масштабная геологоразведка торфяных ресурсов, оценка сильнообводненных и непроходимых болот. Особенностью настоящего издания, подготовленного специалистами Гипроторфразведки Мингео РСФСР, является использование материалов аэрофотосъемки как основы для проведения геологоразведочных работ на торф. Работа с аэроматериалами развивалась на протяжении предшествующих 10 лет В.В. Янушевским [28]. Плановая съемка заменялась фотопланами, а высотная выполнялась нивелированием по поперечникам и с использованием мензулы. Работы выполнялись с платформы вездехода.

Еще одной особенностью, вероятно, главной, являлся подсчет запасов торфа по техническим участкам на всю глубину залежи с выделением торфяного сырья с особыми свойствами (гидролизное, газовое, битуминозное, коксовое и др. Каждый из них составлял особый вид запасов. Это являлось сутью изменений Технических условий 1964 г. Подсчет пнистости был установлен по методу И.Ф. Ларгина по слоям.

### **Завершающий этап развития методов разведки в советский период**

В 1969 г. вышли две работы в системе Мингео РСФСР – одна отражала все лучшее из достижений предшествующего периода, а вторая закладывала основу для будущего. Первая – это Методическое руководство по камеральной обработке материалов разведки

под редакцией Я.Н. Задунайского [3], а вторая – проект промышленной классификации торфяного сырья под редакцией Н.Т. Короля [29]. Основным акцентом противоречий был связан с методикой подсчета запасов. Все частные вопросы, связанные с торфяной залежью, так или иначе, сводились к подсчету. С другой стороны, например вопросы геодезии или гидрогеологии практически не рассматривались.

В методическом руководстве указывается, что именно использование материалов аэрофотосъемки<sup>2</sup> вызвало пересмотр состава отчетно-технических материалов по разведке торфяных месторождений. Оно содержит «...подробное изложение приемов работ по качественной оценке и подсчету запасов торфа...». Рекомендации поддерживали ученые Калининского политехнического института (КПИ – быв. МТИ) под руководством проф. И.Ф. Ларгина<sup>3</sup>. Сохранялись *требования к торфяному сырью по связи его генетических свойств с видом использования.* Каждый вид торфа представляет собой спектр «специфических» показателей своих свойств (технических, агрохимических и др.). Сохраняет свое значение стратиграфический принцип, индивидуализирующий отдельный вид залежи по характеру распределения свойств торфа от поверхности к дну болота.

Идеология Руководства выражена в следующем: анализ позволил сделать выводы: 1) необходимо подробное изучение запасов торфа; 2) необходимо выделять все виды залежей с возможным их последующим объединением на уровне подтипов. Это позволит уменьшить количество стратиграфических единиц с 25 до 12 укрупненных стратиграфических участков<sup>4</sup>; 3) необходим контроль с использованием установленных зависимостей с целью выяснения «...несогласованности показателей...» торфа<sup>5</sup>; 4) установлены «постоянные» значения промышленной границы. Последнее связано с «освобождением» от пересчета глубины промышленной границы

<sup>1</sup> Промышленность не могло удовлетворить разнообразие видов торфа – до 40 видов. Изначально предполагалось, что каждый вид торфа обладает уникальными свойствами и позволит добывать торф селективными способами. В советское время практика отказалась от этого в пользу рентабельности отрасли – появился новый идеал отрасли – «моноторф», из которого при переработке «можно делать все», что требуется.

<sup>2</sup> Очевидно, что обострилось внутриотраслевое противоречие между качественной оценкой торфяного сырья и планами его масштабной добычи, в определенном смысле как самоцели в освоении средств.

<sup>3</sup> Как в свое время идеология научно-обоснованной оценки торфяных залежей МТИ по унификации их параметров преобладала над исследовательской идеологией ЦТОС, так аналогично стало преобладать мнение промышленного лобби над авторитетом МТИ (КПИ).

<sup>4</sup> Можно предположить основу претензий промышленности – слишком подробные исследования, требуется их сократить.

<sup>5</sup> В этом пункте также видим претензии на то, что стратиграфический принцип работает не всегда.

до 0,7 м с влажностью залежи 88%, увеличивающей камеральную обработку; 5) в подсчет запасов включаются пробы с зольностью до 70%. Из них забалансовые запасы в ведомостях выделяются красным контуром; 6) все три способа подсчета средней глубины торфяной залежи изложены в удобном виде; 7) интересно представлена задача учета свободной воды в озерах для правильного определения запасов торфа и запасов торфа под озерами (озера представлены самостоятельными участками); 8) оригинально представлена задача подсчета запасов минеральных прослоек в залежи.

Расширено понятие «технологический участок» – это залегание сырья для конкретного вида использования.

Допускается, что одна растительная группировка может не совпадать со стратиграфическим участком, что существенно «ослабляет» применение стратиграфического принципа с применением аэроматериалов при разведке болот. Кроме того, указывается, что индикаторные свойства растительности меняются для торфяных месторождений разного геоморфологического залегания. По сути, снижена точность стратиграфического метода описания торфяных залежей<sup>1</sup>. Однако по-прежнему подсчет запасов ведется по стратиграфическим укрупненным участкам с указанием их процентного соотношения в торфяном месторождении. Параллельно запасы подсчитываются по промышленным участкам.

В целом в Руководстве 1969 г. в большей степени имеет значение роль научных подходов, чем совершенствование методики камеральной обработки и решение прикладных задач. Здесь достаточно ясно выражено «противоречие» между природными свойствами торфяных болот и утилитарными признаками его описания.

Это еще один пример, когда для решения чисто утилитарных задач нужны простые классификации, не требующие углубленного изучения объекта. При этом в России всегда большую роль играет политический фактор, часто отражающий отдельные интересы.

Многочисленные исследования физиками и химиками свойств торфа в 50–60-е гг. все меньше совпадали с его видовыми или ботаническими характеристиками. Попытки «спасти» генетические основы изучения торфяных болот выражались в углубленном понимании вида торфа, исследовались роли отмываемой высокодисперсной части торфа и дисперсности торфа, его химического, компонентного состава и микроструктуры и др. Стратиграфический принцип по-прежнему позволял связывать многообразные исследования между собой, но его значение неуклонно сокращалось.

Основа проблемы, в рамках которой возникло противоречие указанных взглядов «геологов» и «физико-химиков», – это выбор исходной модели развития торфяного болота при ведущей роли процесса седиментации и фациальный взгляд<sup>2</sup> на осадкообразование.

*Все эти работы были возможны именно за государственный счет и при условиях полного государственного учета ресурсов. При этом ученое сообщество редко имеет одно мнение по причине ведомственных задач, научных традиций, смены поколений, региональных различий опыта и др.*

В Проекте промышленной классификации 1969 г. ее значение обосновывается следующим. Многочисленные виды использования торфяного сырья требуют большого дорогостоящего объема исследований его разнообразных показателей. Торф следует рассматривать с точки зрения физико-химии, где он является многокомпонентной полидисперсной системой, имеющей в составе различные высокомолекулярные соединения. Его ботанический состав слабо связан с большинством его свойств. Поэтому предлагается в основе оценки торфяного сырья использовать минимальное количество признаков, например, первоначально были предложены два признака – теплота сгорания и кислотность торфа, а остальные свойства определять через систему уравнений регрессии<sup>3</sup>.

Для решения этой задачи за пять лет (1962–1966 гг.) был составлен каталог свойств видов

<sup>1</sup> В свое время, генетический принцип позволил ввести «ограничения» естественного разнообразия видов торфа как однородных по свойствам единиц классификации до 40 единиц. Аналогично, опираясь на избыточное разнообразие торфов, разрабатывалась промышленная классификация торфяного сырья, в которой вид торфа перестал быть единицей описания залежи. В Руководстве 1969 г. впервые представлен расчет запасов по геометрическим слоям, но в пределах стратиграфических единиц. Поясняется, что выделять геометрические слои по всему месторождению неправильно. При этом для слабозаложившегося торфа сделано исключение.

<sup>2</sup> Условия среды – свойства осадка.

<sup>3</sup> В связи с этим появилась новая заманчивая идея – прогнозировать свойства торфяных месторождений математическими методами.

торфа [30]<sup>1</sup>. Анализ этих материалов послужил основой книги, поддержанной химиком В.Е. Раковским и физиком М.П. Воларовичем [31]. В значительной степени *эта работа ориентировалась на новую для того времени задачу – регулирование свойств торфа и получение из торфа продукции с заданными свойствами.*

Впервые появляется задача (обоснование) оценки встречаемости отдельных видов торфа в залежи. Это связано с тем, что разные виды имеют разную степень встречаемости, следовательно, учитывать надо наиболее представительные при выборе вида использования торфяного сырья. Если в генетической классификации 37 (40) видов торфа, то наиболее распространенными являются десять. Промышленная классификация должна из всего природного разнообразия торфа выделить несколько групп с одинаковыми свойствами.

В 1973 г. выходит новая Инструкция по разведке торфяных месторождений, в котором снижается норма частоты опробования торфяной залежи. В 1976 г. выходит последнее самое подробное руководство по разведке торфяных месторождений [32]. Это Руководство соответствовало Инструкции 1973 г. Существовало мнение, что действующие торфопредприятия по добыче торфа для сельского хозяйства и в районах строительства новых электростанций должны опережающими темпами обеспечиваться новыми детально разведанными торфяными ресурсами<sup>2</sup>. *Ее цель – более высокий уровень геологоразведочных работ на торф и с меньшими затратами.*

Подчеркивается, что «...изучение стратиграфии торфяной залежи является одной из главных задач разведки торфяного месторождения и позволяет выяснить историю его развития и изменения всей совокупности внешних физико-географических факторов, сопутствующих его развитию, т. е. установить генезис торфяного месторождения».

Особенности Руководства: 1) категории запасов дополнены подробным соответствием Инструкций и Условий разного времени; выделяются категории  $C_1$  и  $C_2$ , прогнозные как одна категория; 2) сформулированы понятия доразведка и разведка эксплуатируемого месторож-

дения; всего стадий разведок пять; 3) появился раздел планирования, проектирования и организации геологоразведочных работ. Современное содержание проекта геологоразведочных работ. Вводится понятие и содержание контроля полевых работ. Подробно указывается, на что надо обратить внимание<sup>3</sup>; 4) по-прежнему предполагается использование фотопланов, фотосхем и дешифрирования снимков. Ориентация поперечников должна совпадать с линиями максимальной изменчивости свойств месторождений; 5) при изучении торфяной залежи вводится специальное дешифрирование черно-белых аэроснимков мельче масштаба 1:10 000. Предложены признаки растительных группировок и оценены возможности определения стратиграфии торфяных залежей – стратиграфических участков с использованием ранее полученных данных опробования. Все это повторение работ 50-х гг.; 6) помимо термина «Опробование торфяной залежи» используется термин «Стратиграфическое бурение» торфяной залежи. Служит для уточнения границ стратиграфических участков – бурение проводится по обе стороны камерально проведенной границы. Пробы торфа при этом не отбираются. Используется бурение при наличии материалов аэросъемки; 7) опробование производится в зависимости от площади и типа залежи и определяется по таблицам; 8) в разделе качественная (после лабораторных исследований торфа) оценка запасов торфа указывается, что она производится по видам сырья с учетом типа торфа, степени разложения и зольности; добавляется, что сначала оценка выполняется по стратиграфическим участкам. Основу этой работы составляют «послойные ведомости». На ведомостях разграничиваются виды сырья по использованию или категории сырья; 9) подсчет средней глубины торфяной залежи представлен только как среднеарифметическая величина.

В Руководстве 1976 г. генетический или стратиграфический принцип хотя и сохраняется, но его реальное значение незначительное. Подсчет запасов ведется по стратиграфическим участкам, но все запасы делятся на топливные и слаборазложившийся торф, а остальные – на безымянные категории.

<sup>1</sup> Со стороны «Гипроторфразведки» работами руководил Н.Т. Король, со стороны КПИ – И.И. Лиштван.

<sup>2</sup> В тот момент времени эта мера была уже неактуальна. Электростанции массово переводились с торфа на газ и мазут. Сельское хозяйство ориентировалось на более «удобные» минеральные удобрения.

<sup>3</sup> В условиях хозрасчета к началу 70-х гг. контроль был актуален в связи с «ростом» материалов разведки, полученных с нарушением закона – без выполнения всего комплекса полевых работ.

Последними нормативными документами по разведке торфяных месторождений стали Инструкция 1983 г. [25] с разъяснениями при установлении изученности запасов и ресурсов торфа, с изменениями 1987 г. [33], а также Методические указания по составлению территориальных балансов запасов торфа 2000 г. [34].

В Инструкции 1983 г. несколько основных моментов, потребовавших ее разработки. Первый – это оптимизация стадий разведки с учетом для каждой минимума сведений об изменчивости свойств торфяных месторождений, второй – равномерное распределение пунктов опробования. Равномерность выражается в том, что плотность сети опробования зависит от изменчивости степени разложения и зольности. Третий – плотность зондирования зависит от изменчивости глубин торфяных отложений. Также вводится показатель точности определения запасов при определенном уровне вероятностей.

*В целом произошла редукция научного обоснования геологоразведки – удалены все «излишества». Торф определяется как система из органики, минералов и воды. Основными свойствами торфа являются тип, степень разложения и зольность. Вид торфа устанавливается по «...процентному соотношению остатков растений-торфообразователей», что противоречит утвержденной в Инструкции методике определения вида торфа<sup>1</sup>.*

В Инструкции подробно прописаны категории запасов с выделением прогнозных ресурсов в виде трех категорий. В связи с тем, что большое количество материалов разведок торфяных месторождений были получены по разным Инструкциям, была разработано Разъяснение о изменениях категорий запасов.

Средняя глубина определяется как среднеарифметическая.

Хотя в Инструкции 1983 г. упоминается, что при возможности надо использовать крупномасштабные карты и фотосхемы (фотопланы) на практике это положение почти не выполня-

лось. Для точного определения контура торфяных отложений в промышленных границах эти материалы не могут быть использованы, следовательно, они избыточны.

Исследования торфяной залежи выполняется в соответствии с анализом изменчивости дна, показателей степени разложения и зольности. Все это имеет вид научного обоснования, но на практике при проектировании геологоразведочных работ этот подход практически не использовался. Съёмка при детальной разведке выполнялась по сетке 1 точка на 1 га, а опробование 1 пункт на 16–40 га. Это было связано с отсутствием достаточных материалов для расчета коэффициентов вариации до начала полевых работ. В результате риск ошибки был сведен к минимуму, а ошибок к тому времени было уже достаточно много. Наиболее известные из них это недостоверная оценка Озерецко-Неплюевского месторождения или Уломского 1-го. Построенные предприятия не получили в результате достаточного количества кондиционного торфяного сырья.

*Вместе с тем, в современных условиях, когда использованию подлежат детально разведанные и ранее разрабатываемые месторождения или только осушенные, значение предложенных норм оправдано и значительно сокращает объем полевых работ при подтверждении оставшихся запасов.*

Подсчет запасов выполняется по категориям сырья (в конечном виде промышленной классификации 17 единиц [35]), послойные объемы объединяются пропорционально количеству проб конкретной категории, далее они суммируются и объединяются в общий запас. Подсчет выполняется по обособленным и типовым участкам<sup>2</sup>.

В целом Инструкция 1983 г. является отражением научных знаний по торфу, технологиям добычи сырья, произведенной продукции из торфа и сопутствующих полезных ископаемых на тот период времени. Изменения и дополнения 1987 г. [33] к Инструкции 1983 г. в основ-

<sup>1</sup> В Инструкции 1983 г., вышедшей под редакцией Н.Т. Короля, роль МТИ (КПИ) сведена к минимуму. Подчеркивается условность стратиграфических единиц. Генезис сведен к смене питания и изменению зольности торфа, а степень разложения торфа – это соотношение аморфного вещества и обрывков тканей растений. Роль ботанического состава торфа оценивается примерно так: «...иногда нужно знать... содержание мхов... пушицы...».

<sup>2</sup> В целом, с начала 60-х гг. средства были направлены на развитие подхода, нашедшего свое выражение в Инструкции 1983 г. Во многом они были направлены на критику стратиграфического подхода. В рамках генетического стратиграфического направления требовалась новая модель развития торфяных болот, но эта задача не соответствовала текущим планам торфяной отрасли – снижению себестоимости работ, независимой от значений себестоимости конечной продукции. Поэтому геометрический статистический подход как более простой и доступный для отрасли был предпочтительнее, за счет того, что себестоимость работ снижалась «приписками», низкой механизацией, дешевой рабочей силой и нарушением техники безопасности работ.

ном касались разрежения сети зондирования и опробования, а также предложением не выделять границы стратиграфических участков.

*Логика, близкая ученым 60-х гг., о том, что природные свойства торфа менее значимы в сравнении с его искусственными модификациями, и идея получать торфяную продукцию с заданными свойствами после переработки не получила своего завершения. Во-первых, торф добывался в общий отвал без его деления на категории сырья. Во-вторых, задача управления свойствами торфа оказалась слишком затратной.*

Тем не менее статистический принцип оценки сырья при разведке торфяных месторождений был реализован. Вслед за этим была реализована эффективная масштабная добыча торфа, но только продукция достойного качества не получалась. До сих пор большинство разработанных учеными видов продукции из торфа являются лабораторными образцами. Попытка выпуска на их основе продукции в промышленных масштабах почти всегда упирается в недостаток сырья необходимого качества.

### **Значение стратиграфического подхода для разведки в постсоветский период**

Недопонимание понятия «стратиграфический участок» привело к тому, что вид торфа, вид залежи и залегание массива стали восприниматься как относительно независимые единицы, объединяющиеся в суммативную систему. А по сути, характерное напластование слоев торфа – это результат взаимодействия растущего торфяного болота с его частями.

Редукция стратиграфического подхода отражает воздействие политических решений на результаты научной и практической деятельности. Замена вертикальной модели изменения свойств залежи на послойную была предопределена внеконкурентным внедрением фрезерного способа добычи торфа. Простота «очищенного» метода подсчета запасов торфяного сырья позволяла формулировать простые решения, предполагая соответствующие ошибки.

Первая из них – это предположение о том, что виды или таксоны болотных единиц являются универсальными, что значит – одни вид торфа соответствуют одной и той же исходной растительной группировке. Это не исключается, но и не является правилом. Один и тот же вид торфа может образовываться в разных исходных условиях. Например, магелланикум-торф может встречаться со степенью разложения от

5 до 35%. Это главная причина для того чтобы отойти от видов торфа как диагностического признака. Однако забывается, что каждый вид торфяной залежи описывается характерной вертикальной изменчивостью показателя степени разложения. Средние значения степени разложения по видам залежи высокоустойчивы. Если эта кривая не соответствует модели, то вид залежи установлен с нарушением.

Вторая – критика стратиграфического подхода в большей степени связана с особенностями широкомасштабной добычи торфа фрезерным способом. Производство на больших площадях геометрически правильной формы в плане торфяного месторождения всегда пересекает многочисленные границы стратиграфических участков. Поэтому для масштабной добычи выделение стратиграфического участка является причиной, влияющей на качество полученного торфяного сырья.

Почему необходимо реанимировать стратиграфический подход: 1) изменились условия освоения торфяных месторождений – государство перестало быть основным инвестором; 2) основным пользователем месторождений стал средний, а чаще малый бизнес, который имеет право самостоятельно выбирать способ добычи и переработки торфяного сырья; 3) основным способом добычи торфа видится глубинный или объемный способ добычи на небольших и средних площадях, часто в пределах одного стратиграфического участка; 4) добыча торфа в настоящее время в подавляющем числе ведется на ранее освоенных месторождениях, требующих часто только информационного сопровождения и 5) оправдано, что *современным частным торфопредприятиям для получения продукции на основе торфа все больше требуется избирательное извлечение торфа определенного качества, часто достигаемого вертикальным перемешиванием.*

В отношении стратиграфического подхода к оценке торфяных месторождений следует отметить, что большая часть связанных с ним проблем зависят от некорректного понимания его исходных принципов. Причин для этого несколько. Это особенности интерпретации данных научных исследований и система принятия решений.

Принципы стратиграфического подхода были основаны на следующих предположениях:

1. Вид торфа определяется как условная единица или таксон в строении торфяной залежи, формирующейся в разных условиях

из достаточного множества исходных растительных группировок. Единство таксона устанавливается по характерному сочетанию остатков видов растений-доминантов или их групп, определяющему по возможности свойства образовавшегося торфа и допустимо отражающему условия его образования. Поэтому ошибочно сводить в прямом соответствии одно актуальное исходное растительное сообщество с одним видом торфа на основании совпадения видов растений и их остатков в торфе. Большим недостатком представлений о виде торфа стала процедура его выделения в нечто подобное виду растений. Вид торфа и условия его образования неразрывны, но, если водно-минеральное питание выделить в независимую обобщенную категорию, то эта связь ослабевает. Питание должно быть сопоставимо с возрастом и климатом конкретного места.

2. Стратиграфический участок характеризуется целостностью и преемственностью фациальных обстановок образования торфа в верхнем слое болота. Характерные напластования слоев торфа, позволившие установить виды торфяных залежей, не должны пониматься как случайный набор или сумма слоев. Виды залежей как реальные единицы или таксоны формируются как части торфяного болота (месторождения) в неразрывной связи с изменением внешних и внутренних причин развития болота как целого. Если воспринимать виды залежей как трехмерные комплексы, связанные с исходной топогией рельефа, то их взаимодействие определяет структуру болота. По этой же причине границы стратиграфических участков могут быть резкими и постепенными. Они могут быть выражены ярче в центре или на периферии. Сочетание типов торфа при установлении видов залежей указывает не на сумму слоев, а на особенности эволюции стратиграфического участка, связанные с его положением в массиве. В результате резкие границы участка появляются, если он занимает доминирующее положение или крайне подчиненное. У участков в среднем положении массива границы не могут быть резкими на всем протяжении развития и роста болота.
3. Совокупность стратиграфических участков определяется геоморфологическим залеганием торфяного болота и гидрогеологическими условиями, меняющимися по мере заторфования территории в целом.

Таким образом, для «реанимации» стратиграфического подхода как действительно существующей природной закономерности необходимо принятые ранее и не всегда обоснованно более искусственные признаки «смягчить», сделать их близкими к естественным.

Для определения стратиграфического участка к его признакам должны быть отнесены: фациальная обстановка, процесс торфонакопления, алгоритм его изменения в зависимости от его окружения и положения в болотном массиве, определенного типа залежания.

### **Нормативные особенности выполнения оценки запасов торфа в настоящее время**

В советское время объемы торфа разведаны с большим запасом и полностью обеспечивают потребности торфяного производства на данный момент. В 80-х гг. объемы добычи торфа составляли около 200 млн тонн. Программа и финансирование торфяной промышленности и геологоразведочных работ осуществлялись за счет государства. Соответственно вся нормативная база была направлена на выполнение поставленных перед отраслью задач. В настоящее время уровень добычи торфа в России приблизительно равен 2 млн т торфа и заказчиком геологоразведочных работ являются частные инвесторы, сами определяющие, что и как им производить. Поэтому при обновлении Инструкции следует учитывать их требования и возможности.

Обновились нормативные документы федерального уровня, регулирующие геологоразведочную деятельность. Поэтому изменения, происходящие в технологии добычи торфа, создание новых видов продукции и конъюнктура рынка реализации торфяной продукции ставят задачу изменения Инструкции по разведке торфяных месторождений.

Исходя из практики геологоразведочных работ, наиболее часто можно встретить разногласия с экспертными и разрешительными организациями на следующих этапах:

1. Проектирование геологоразведочных работ.
2. Выполнение полевых работ.
3. Камеральные работы.
4. Сдача в геологические фонды.

*Проектирование геологоразведочных работ на федеральном уровне обеспечивается следующими новыми документами:*

- Временные методические указания по подготовке, оформлению и сдаче в федераль-

ный и территориальный геологические фонды отчетных материалов, выполненных с использованием компьютерных технологий, МПР РФ, 1998.

- Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М., ВИЭМС, 1999.
- Классификация запаса и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утв. приказом МПР РФ от 11.12.2006 г. № 278.
- Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых, МПР РФ, 2011.
- Правила подготовки проектной документации на проведение геологического изучения недр и разведки месторождений полезных ископаемых по видам полезных ископаемых, утв. приказом Минприроды России от 14.06.2016 № 352.

Основные вопросы на данной стадии возникают в основном при составлении геологического задания. Проблемы возникают с системами координат. Часто заказчики берут географические координаты из интернета или по навигаторам (система координат WGS-84) и вносят их в геологическое задание как СК-42. Пересчет координат из одной системы в другую в уполномоченных органах государственной власти субъектов РФ выполняют некорректно, в несертифицированных программах. С 1 января 2017 г. согласно Постановлению Правительства РФ №1240 от 24 ноября 2016 г. вводится геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011), СК-42 и другие системы действительны до 1 января 2021 года.

Следующий вопрос возникает при определении контура геологического изучения недр. Исходя из практики, желательно выделять контур в границах промышленной залежи и выполнять его в геометрических контурах. Заказчику не имеет смысла платить деньги за съемку лишних гектаров, что упрощает в дальнейшем подсчет запасов. Необходимо более конкретно прописывать в геологическом задании результаты работ и виды получаемой продукции, чтобы уменьшить затраты на лабораторные работы.

Торфоисследовательские работы на нетронутых ранее разведанных торфяных месторождениях или их участках часто имеют хорошую сходимость с новыми результатами.

Необходимо рассмотреть уменьшение объемов работ по зондированию торфяной залежи и опробованию. Работы выполнять только для подтверждения данных ранее выполненных детальных разведок. Соответственно уменьшаются топографические работы, закладка съемочно-зондировочной сети и высотной съемки. Все это позволит существенно сократить расходы на геологоразведочные работы.

Данные геологоразведочных работ должны обеспечить разработку технического проекта разработки торфяного или сапропелевого месторождения. Одним из разделов технического проекта является «Обоснование уточненных границ горного отвода». В настоящее время в соответствии с п. 11.1 Приказа Ростехнадзора от 01.11.2017 № 461 «Об утверждении Требований к содержанию проекта горного отвода, форме горноотводного акта, графических приложений, плана горного отвода и ведению реестра документов, удостоверяющих уточненные границы горного отвода» (Зарегистрировано в Минюсте России 01.12.2017 № 49082) на топографическом плане горного отвода должны отображаться и «...Рельеф местности, постоянные предметы местности (ситуация местности), соответствующие текущему состоянию на площади горного отвода и расположенные на удалении не менее 2 километров от границы горного отвода территориях». Это означает, что для всех разведанных торфяных месторождений, находящихся в естественном состоянии, потребуется проведение дополнительных топографических работ за пределами торфяного месторождения. При этом площадь дополнительных изысканий может превышать площадь самого месторождения. Где здесь логика? Если подразумевается снижение воздействия торфяного производства на прилегающие территории, то это задача экологов при разработке раздела технического проекта «Охрана недр и окружающей среды».

Порядок проведения экспертизы проектной документации на проведение работ по региональному геологическому изучению недр, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, разведке месторождений полезных ископаемых утвержден приказом Минприроды РФ от 23 сентября 2016 года № 490 (с изменениями на 3 мая 2018 года).

Объекты и предмет экспертизы проектной документации на геологическое изучение недр прописаны в п. 3 Приказа Минприроды РФ № 490. В подпункте в) указан объект экспер-

тизы – проектная документация на проведение работ по *разведке (доразведке)* месторождений твердых полезных ископаемых (включая общераспространенные полезные ископаемые), углеводородного сырья, подземных вод.

Лицензирующий орган в сфере недропользования выдает, как правило, совмещенную лицензию со стандартной формулировкой вида деятельности – «...*разведка* и добыча торфа...». А раз в лицензии присутствует термин «разведка», то требуется составить проект геологоразведочных работ, который подлечит по пункту 3в приказа Минприроды № 490 геологической экспертизе в ФБУ «Росгеол-экспертиза». На самом же деле геологоразведочные партии в советский период выполнили большие объемы работ по разведке торфяных месторождений, которые находятся в естественном состоянии. Недропользователю необходимо получить в пользование лицензионный участок в виде предварительного горного отвода, занимающего небольшую часть ранее разведанного торфяного месторождения. Здесь достаточно было бы сделать пересчет запасов на этом лицензионном участке в виде информационного отчета. Однако формально все превращается в долгий путь – разработка проекта разведки – прохождение геологической экспертизы проекта – регистрация геологоразведочных работ – работы по разведке, завершающиеся составлением геологического отчета – государственная экспертиза запасов – сдача отчета в фонды.

*Полевые работы* начинаются с получения разрешения на производство работ на лесных землях. Разрешение оформляется в течение длительного срока (до года) и выдается зачастую с условиями, фактически невозможными для выполнения полевых геологоразведочных работ, например, без проведения рубки деревьев, расчистки лесных участков, сроком на 3 месяца при площади участка 800 га.

Наибольшие изменения по видам работ произошли в топографических работах. Широкое применение спутниковых технологий в топографо-геодезических работах изменили организационные и технические принципы проведения полевых и камеральных работ. Построение планово-высотного обоснования на объекте методом спутниковых геодезических измерений в режиме «статика» позволяет выполнить работы с меньшими затратами и достаточной точностью. Данный вид работ регламентируется ГКИНП (ОНТА) - 02-262-02

«Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемки ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАС и GPS».

Применение спутниковых геодезических измерений для съемки рельефа в режиме «кинематика» в залесенной местности нецелесообразно, и возможно их применение только на открытых участках.

Съемки с применением БПЛА и лазерного сканирования позволяют выполнить топографические съемки, но пока стоимость этих работ высокая. Тем не менее их использование должно быть включено в проект новый Инструкции.

В полевых торфоисследовательских, гидрогеологических, лесотаксационных и гидрологических работах заметного изменения технологий не произошло.

*Камеральные работы* регулируются следующими основными регламентирующими документами федерального уровня:

- ГОСТ Р 53579-2009. Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению.
- Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., ГКЗ, 2006.
- Методические рекомендации по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., ГКЗ, 2007.
- Требования к составу и правилам оформления на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых. М., 2011.

Нормативная база на лабораторные работы обновилась полностью. Основные проблемы начинаются с содержания отчета. Экспертные организации в основном отдают предпочтение нормативным документам на общераспространенные полезные ископаемые, игнорируя отраслевые. Данный подход вносит неразбериху и недопонимание при экспертизе отчетов и защите запасов. Приходится долго доказывать актуальность отраслевых нормативных документов на торф. В «тяжелых» случаях приходится переоформлять отчеты и пересчитывать запасы по требованиям, не входящим в стандартную отраслевую документацию.

«Приравнение» торфа как общераспространенного полезного ископаемого к песку

привело к пожеланию экспертов делить торфяную залежь по аналогии с песком на блоки, по «особым» требованиям.

В целом ориентация на унификацию как проектов геологоразведочных работ, так и геологических отчетов и технических проектов добычи общераспространенных полезных ископаемых сослужила плохую службу торфяному делу. Унификация привела к тому, что 70–80% внимания экспертов, членов комиссий по согласованию уделяется формальным признакам – чтобы присутствовали все унифицированные разделы, подразделы объекта экспертизы или согласования. А содержательную часть материалов практически никто не оценивает, даже ввиду отсутствия знающих специалистов. Примером может служить *сдача материалов разведки торфяных месторождений в фонды, когда в числе материалов одновременно сдается Паспорт торфяного месторождения.*

Отраслевая форма паспорта была внутренне логична и понятна. С выходом нормативного документа общего пользования – Инструкции по ведению Государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых РФ (2002), в настоящее время паспорт торфяного месторождения заполняется по унифицированной форме «Б» для месторождений неметаллических полезных ископаемых. Форма «Б» предусматривает заполнение 62 позиций в соответствии с Методическим руководством по составлению паспортов, разработанным Росгеолфондом. Каждая позиция имеет еще несколько подпозиций. При этом 30 позиций для торфяных месторождений невозможно заполнить, то есть они остаются пустыми. В то же время в форме паспорта «Б» не предусмотрена специфическая для торфяных месторождений информация, например, по запасам и качественной характеристике по категориям торфяного сырья. Унификация приводит к потере информативности паспорта и к трудоемкости его составления.

В некоторых регионах от заказчиков стали требовать ТЭО и обоснование кондиций, раньше это требование было только для бюджетных денег. Данные моменты приводят к необоснованному увеличению затрат и времени на дальнейшую разработку месторождений торфа и потерю инвестиционной привлекательности, которая в настоящее время возрастает.

Необходимо переработать и внедрить новые нормативные документы на разведку

торфяных месторождений, увязать с действующими рекомендациями на разведку ОПИ, новыми технологиями добычи сырья, новыми и перспективными методами разведки месторождений. Согласовать с Рослесхозом возможность упрощенного прохождения процедуры разрешения для геологоразведочных работ на торф. Прийти к единой методике подсчета и предоставления запасов торфа.

Если торф отнесен к общераспространенным полезным ископаемым, то контроль за использованием торфяных ресурсов должен осуществляться в регионах. Частично это так и происходит, но разработанная нормативная документация должна утверждаться и адаптироваться к конкретным условиям регионов на местах. Наиболее очевидно это на примере многоотраслевого использования болот. Противоречия в законах можно сглаживать, передавая в регионы полномочия о распределении торфяных болот по отраслям. Для этого в начале 80-х были разработаны принципы формирования региональных целевых торфяных фондов, снимающих в этом случае практически все межотраслевые противоречия в законодательстве.

#### Библиографический список

1. *Техническая инструкция по исследованию торфяных болот* / Торф. отд. Управмелиозема Н. К. 31. – М.: [б. и.], 1922. – 86 с.
2. *Герасимов Д.А.* Торф: его происхождение, залегание и распространение. – М.–Л.: Гос. науч.-техн. горное изд., 1932. – 68 с.
3. *Методическое руководство по камеральной обработке материалов разведки торфяных месторождений* / Под ред. Я.Н. Задунайского. – М., 1969. – 328 с.
4. *Техническая инструкция по исследованию торфяных болот* / Наркомзем. Торфяной отдел. Центр. торфяная станция / Под ред. И.И. Вихляева. Второе издание. – М.: Новая деревня, 1928. – 247 с.
5. *Кандауров Е.Н.* Методы исчисления запаса сырой торфяной массы. – М.: Изд. Московского земельного отдела, 1926. – 62 с.
6. *Баусин А.Ф.* Исследование торфяных залежей. – М.–Л.–Новосибирск: Гос. научно-техн. горно-геолого-нефтяное издательство, 1933. – 108 с.
7. *Мартинсон А.Г., Введенский В.П.* Исследование торфяных месторождений. – М.–Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. – 296 с.
8. *Труды Всесоюзного института торфа ВАСХНИЛ.* Вып. 1, 2, 3. – М.–Л.: Сельхозгиз, 1933.

9. *Методы* исследования торфяных болот. Ч. 1: Полевое исследование / Под ред. М.И. Нейштадта // Труды Центральной торфяной опытной станции. Т. 5. – М.: Изд-во Наркомата земледелия РСФСР, 1939. – 172 с.
10. *Методы* исследования торфяных болот. Ч. 2: Лабораторные и камеральные работы / Под ред. М.И. Нейштадта // Труды Центральной торфяной опытной станции. – Т. 6. – М.: Изд-во Наркомата земледелия РСФСР, 1939. – 319 с.
11. *Панов В.В., Мисников О.С.* Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды Инсторфа: научный журнал. – 2015. – № 11 (64) (январь–июнь). – Тверь: ТвГТУ, 2015. – С. 3–12.
12. *Классификации* видов торфа и торфяных залежей. – М., 1951. – 68 с.
13. *Тюремнов С.Н.* Торфяные месторождения и их разведка. – М.: Недра, 1949. – 464 с.
14. *Герасимов Д.А.* О принципах классификации торфяных отложений // Труды Инсторфа: научный журнал. – 2010. – № 1 (54) (январь–июнь). – Тверь: ТвГТУ, 2010. – С. 6–13.
15. *Разведка* торфяных месторождений / Под ред. А.С. Оленина и др. – М., 1953. – 702 с.
16. *Цупров С.А.* За развитие добычи и комплексного использования торфа в сельском хозяйстве и промышленности // Торфяная промышленность. – 1962. – № 1. – С. 1–5.
17. *Торф* в народном хозяйстве / Под ред. Б.Н. Соколова. – М.: Недра, 1988. – 268 с.
18. *Разведка* торфяных месторождений (технические условия) / Под ред. А.С. Оленина, С.Н. Тюремнова, М.И. Нейштадта, Н.И. Прохорова. – М., 1954. – 262 с.
19. *Проворкин А.С., Никонов М.Н.* Разведка малых торфяных месторождений для сельскохозяйственного торфодобывания. – М., 1955. – 90 с.
20. *Пичугин А.В., Дунаев Б.К., Исаев А.Н. и др.* Торфяные месторождения и их разведка. – М.–Л.: ГЭИ, 1956. – 280 с.
21. *Ямпольский А.Л.* Экономика комплексного использования торфяных ресурсов СССР. – М.: Недра, 1979. – 319 с.
22. *Рунов Д.И.* К вопросу о разрежении съемочно-зондировочной сети при детальной разведке торфяных месторождений // Сборник статей по изучению торфяного фонда. Вып. 3. – М., 1958. – С. 59–75.
23. *Тюремнов С.Н., Ларгин И.Ф.* К вопросу методики опробования залежей при разведке торфяных месторождений // Сборник статей по изучению торфяного фонда. Вып. 3. – М., 1958. – С. 5–45.
24. *Сборник* статей по изучению торфяного фонда. Вып. 3. – М., 1958. – 214 с.
25. *Инструкция* по разведке торфяных месторождений СССР / Под ред. Н.Т. Короля, В.Д. Маркова и др.; МинГео СССР. – М., 1983. – 178 с.
26. *Технические* условия на разведку торфяных месторождений / Под ред. Я.Н. Задунайского, А.С. Оленина и др.; Главгеология РСФСР. Упр. торф. фонда, ин-т «Гипроторфразведка». – М., 1964. – 70 с.
27. *Разведка* торфяных месторождений: методическое руководство / Под ред. Я.Н. Задунайского, А.С. Оленина и др. – М.: Недра, 1966. – 348 с.
28. *Янушевский В.В.* Методическое руководство по типологическому дешифрированию торфяных месторождений. – М.: Изд. Мингео РСФСР, 1967. – 81 с.
29. *Промышленная* классификация торфяного сырья и возможность использования ее как основы для построения единой классификации торфа (Материалы для обсуждения на секции угля, горючих сланцев и торфа экспертно-геологического совета Министерства геологии РСФСР) / Под ред. Н.Т. Короля. – М., 1969. – 130 с.
30. *Каталог* образцов торфа коллекции треста «Геологоразведка». – М.: 1971. – 162 с.
31. *Лиштван И.И., Король Н.Т.* Основные свойства торфа и методы их определения. – Мн.: Наука и техника, 1975. – 320 с.
32. *Методическое* руководство по разведке торфяных месторождений / Под ред. И.Ф. Ларгина, В.Д. Маркова и др. – М., 1976. – 572 с.
33. *Дополнения* и изменения к инструкции по разведке торфяных месторождений СССР / Под ред. В.Д. Маркова. – М., 1987. – 36 с.
34. *Методические* рекомендации по заполнению формы федерального государственного статистического наблюдения и составлению территориальных балансов запасов торфа. – М., 2000. – 23 с.
35. *Методические* указания по опробованию торфяной залежи с применением сборных проб и разделению запасов торфа по категориям сырья при разведке торфяных месторождений / Под ред. Н.Т. Короля. – М., 1979. – 80 с.

УДК 622.83.023.4:624.121

**Зюзин Б.Ф.**

Зюзин Борис Федорович, д. т. н., профессор, зав. кафедрой технологических машин и оборудования Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). zbfriu@yandex.ru.

**Жигульская А.И.**

Жигульская Александра Ивановна, к. т. н., доцент кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета.

**Юдин С.А.**

Юдин С.А., преподаватель-исследователь кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета.

**Zyuzin B.F.**

Zyuzin Boris F., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Technological Machines and Equipment of the Tver State Technical University.

**Zhigulskaya A.I.**

Zhigulskaya Alexandra I., Ph.D., Associate Professor of the Chair of Peat Machines and Equipment of the Tver State Technical University.

**Yudin S.A.**

Yudin Sergey A., Teacher-researcher of the Chair of Peat Machines and Equipment of the Tver State Technical University.

## ТЕОРИЯ ДИСТОРТНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ РАЗРУШЕНИЯ СТРУКТУР АГРЕГАТОВ ТОРФЯНЫХ СИСТЕМ

*Аннотация.* Проанализированы основные гипотезы разрушения горных пород в рамках теории дистортности и степенного закона подобия фрактальных структур агрегатов торфяных систем. Установлено, что геометрические модели теории дистортности дают наглядное представление об основных гипотезах разрушения горных пород, а степенной закон подобия формализует единый закон разрушения масштабно-инвариантных фрактальных агрегатных структур с учетом их реальных физико-механических свойств.

*Ключевые слова:* торф, горная порода, гипотезы разрушения, фрактальные структуры, теория дистортности.

## DISTORTION THEORY AND THE MAIN HYPOTHESES OF DESTRUCTION OF STRUCTURES OF PEAT SYSTEMS AGGREGATES

*Annotation.* The analysis of the main hypotheses of rock destruction from the standpoint of the theory of distortion and the power law of similarity of fractal structures of peat systems aggregates is given.

*Key words:* peat, rocks, hypotheses fracture, fractal structures, the theory of distortion.

В основе рассмотрения широкого класса физических явлений в переходных процессах лежит научная гипотеза, которая исходя из особенностей причинно-следственных связей определяет наличие внепространственно-временной закономерности функционирования различных структурных систем в критических ситуациях.

С учетом реальной мерности пространственно-временных характеристик природных систем (например, сплошных сред, математических множеств, информационных систем и т. д.) данная закономерность проявляется как свойство дистортности [1–6].

Общую теорию моделей сплошных сред можно уподобить и сравнить с общей геометрической теорией многомерных многообразий.

В основе такого подхода лежит анализ нелинейных структурно-фазовых переходов, связанный с проявлением характеристик теории дистортности структурной системы.

Наиболее близкими результатами научных исследований в этой области являются работы в теории геофизики горных пород [7, 8].

Из-за отсутствия теоретического описания и количественного выражения основных физических закономерностей они до сих пор не используются, хотя это радикальный путь создания сквозной энергосберегающей технологии.

Рядом авторов предприняты попытки разработки структурной теории, которая охватила бы все технологические операции разрушения горных пород. Предложены динамическая модель разрушения горной породы, содержащая связь структурных преобразований с уровнем внешнего энергетического воздействия, а также принцип дискретности (например, закон кратных отношений естественной кусковатости природных образований), проявляющий иерархический характер. Установлена величина минимальной степени разрушения горных пород, которая характеризует дискретность и иерархичность природных преобразований. Она была получена различными способами, основанными на независимых определениях этой величины. Здесь, по выражению авторов, скорее всего наблюдается внешнее проявление фундаментального физического закона.

Предполагается, что дискретность природных образований пропорциональна числу  $\pi$  как величине, участвующей в колебательном

процессе, сопутствующем эволюции земной коры.

Имеются также выводы, что численные значения минимальной степени разрушения горных пород кратны  $\sqrt{e}$  и  $\sqrt{\pi}$ .

Традиционность в подходах объяснения данных процессов и явлений на примере разрушения горных пород требует принципиально новых терминов и понятий, относящихся к структурным преобразованиям в пределах пространственно-временной системы.

С точки зрения наиболее глубокой на сегодняшний день физической теории пространства-времени – общей теории относительности, физическое пространство имеет структуру так называемого четырехмерного псевдориманова многообразия, структура которого локальна, т. е. в малой окрестности каждой точки совпадает со структурой обычного евклидова пространства.

Обычно оказывается вполне достаточно представлений о пространстве как о множестве, каждый элемент которого – совокупность чисел (координат), о размерности как о минимальном числе параметров, необходимом для нумерации точек пространства.

В области промежуточной асимптотики размерность сопутствующего пространства несколько больше трех [9]. Трехмерная траектория деформаций общего вида охватывает всевозможные плоские задачи для физического тела [10–15]. Уравнения третьей степени широко используются для описания состояния различных структурных систем в механике (уравнение объемно-напряженного состояния), термодинамике (уравнение состояния реальных газов Ван-дер-Ваальса), химии (уравнение изменения концентрации веществ в химической реакции) и т. д., что свидетельствует о наличии трех вещественных корней (констант) предельного состояния природной системы.

Гипотеза масштабной инвариантности (подобия) позволяет делать прогнозы двух типов, которые подтверждаются множеством экспериментальных данных, полученных для различных структурных систем [16].

Первую категорию составляет набор соотношений, называемых «законами подобия», которые связывают различные критические показатели, например, закон соответственных отношений в термодинамике [17] и уравнение соответственных отношений основных математических констант [1].

Вторая категория – это своего рода «универсализация представления данных». Если принять, что  $F(H, E)$  есть функция переменных, то она может быть графически представлена как зависимость  $F$  от  $E$  для различных значений  $H$ . Масштабная гипотеза предсказывает, что все кривые из этого семейства могут быть «сведены» в единую кривую, если вместо зависимости  $F$  от  $E$  строить масштабно-инвариантную;  $F/H^{n_1}$ ;  $F/H^{n_2}$ , где  $n_1, n_2$  – показатели степени.

Если структурная система имеет пределы изменения, выраженные в виде граничных условий для соответствующих областей изменения аргумента  $X$  и функции  $Y$ , то ее основные параметры состояния могут быть представлены в приведенных координатах в нормализованном виде в пределах изменения координат  $X > 0, Y < 1$ .

При этом уровень нелинейности выступает в качестве одной из характеристик проявления дистортности состояния структурной системы.

На рис. 1 показан вариант переходного процесса в системе приведенных координат, отражающий некую потенциальную кривую изменения состояния структурной системы.

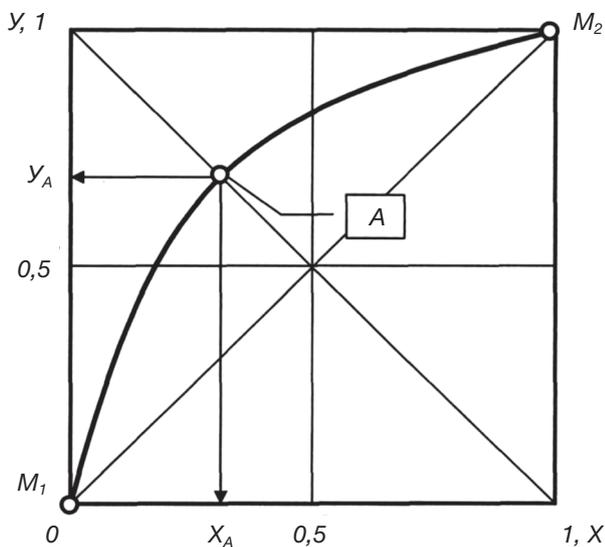


Рис. 1. Переходная функция в приведенной системе координат

Fig. 1. Transition function in the reduced coordinate system

Критериальная точка  $A$  отражает значение уровня нелинейности закона перехода из положения  $M_1 [0; 0]$  в положение  $M_2 [1; 1]$ .

Критериальная точка связана с рядом интегродифференциальных характеристик и обладает рядом свойств.

Понятие размерности системы функционирования связано с оценкой ее состояния критическими показателями. При этом для каждого показателя можно найти множество, с размерностью которого он связан.

Исследование структуры множеств позволяет раскрыть сущность поведения системы в критической ситуации и определить основные соотношения между показателями.

Прослеживается также взаимосвязь между промежуточной асимптотикой поведения системы и геометрическими параметрами структуры, характеризуемыми фрактальной геометрией [18–25].

Разрушение горных пород при любом сложном напряженном состоянии происходит путем отрыва, сдвига или смешанно.

Исходным является наличие у них двух предельных характеристик: сопротивления отрыву  $\sigma$  и сдвигу (срезу)  $\tau$ .

В процессе механической переработки при деформациях сжатия, растяжения и изгиба большое значение имеют нормальные напряжения.

В этом случае работа деформации единичного объема  $A$ , согласно гипотезе дробления материалов Кирпичева–Кика [26, 27], пропорциональна изменению куба его линейного размера:

$$A_K = K_V V = K_K D^3, \quad (1)$$

где  $K_K$  – коэффициент пропорциональности.

Если энергия затрачивается преимущественно на деформацию сдвига, при которой главную роль играют касательные напряжения, то работа разрушения, согласно гипотезе Риттенгера [26, 27], пропорциональна площади поверхности единичного объема или квадрату его линейного размера

$$A_R = K_S S = K_R D^2. \quad (2)$$

П.А. Ребиндер [28] объединил гипотезы Риттенгера и Кирпичева–Кика, обоснованно полагая, что полная энергия разрушения равна сумме работ

$$A_P K_V V + K_S = K_K D^3 + K_R D^2. \quad (3)$$

По гипотезе Бонда [5, 6], работа разрушения пропорциональна среднему геометрическому

$$A_B = K \sqrt{VS} = K_B \sqrt{D^2 D^3} = K_B D^{2.5}. \quad (4)$$

Обобщая приведенные гипотезы, можно предположить, что суммарная работа разру-

шения единичного объема пропорциональна некоторой степени его линейного размера

$$A_m = K_m D^m, \quad (5)$$

где  $m$  – показатель степени, изменяющийся в пределах  $2 < m < 3$  в зависимости от доли влияния на процесс разрушения работы деформации или работы образования новых поверхностей.

Если принять, что доля работы образования новых поверхностей равна  $n$ , то доля работы деформации  $1 - n$ .

Тогда показатель степени в (5) можно представить в виде

$$m = 2n + 3(1 - n) = 3 - n. \quad (6)$$

Сопоставление различных гипотез разрушения, характеризующих связь между работой дробления и крупностью дробленого материала с экспериментальными результатами, показало, что для измельчения при больших удельных поверхностях применима формула Риттенгера (2).

Для крупного дробления, при котором дробленые продукты имеют небольшие удельные поверхности, подходит выражение Кирпичева-Кика (1). Формула Бонда (4) занимает промежуточное положение.

Основные гипотезы разрушения горных пород можно проиллюстрировать на примере оценки характера изменения функционала площади поверхности  $S$  в зависимости от объема деформирования  $V$  разрушаемого образца в системе приведенных координат (рис. 2).

Границами, определяющими область изменения функциональной взаимосвязи, являются гипотезы Риттенгера (линия 1) и Кирпичева – Кика (линия 2). Обе представляют разрушение (дробление) в чистом виде.

В практике оценку энергии разрушения проводят по удельному расходу на единицу объема дробимого материала

$$A_{y\partial} = K_{y\partial} D^{m-3}. \quad (7)$$

С учетом условия (2.51) удельная работа разрушения равна

$$A_{y\partial} = K_{y\partial} D^{-n}, \quad (8)$$

где  $0 < n < 1$ .

По П.А. Ребиндеру, процесс реального разрушения (дробления) определен совокупностью основных гипотез, выражаемых функциональной взаимосвязью (кривая 4). В 1928 году он

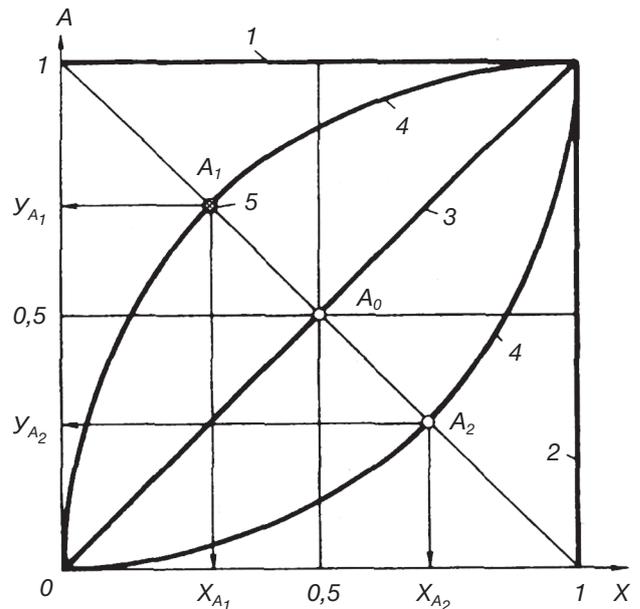


Рис. 2. Основные гипотезы разрушения:

1 – гипотеза Риттенгера; 2 – гипотеза Кирпичева; 3 – гипотеза Бонда; 4 – гипотеза Ребиндера; 5 – критериальная точка оценки нелинейности процесса разрушения

Fig. 2. The main hypotheses of destruction:

1 – Rittenger hypothesis; 2 – Kirpichev hypothesis; 3 – Bond hypothesis; 4 – Rebinder hypothesis; 5 – criterion point for assessing the nonlinearity of the process destruction

открыл эффект адсорбционного понижения прочности твердых тел [28], получившего в советской научной литературе наименование «эффекта Ребиндера».

Гипотеза Бонда (прямая 3), являясь усредненной характеристикой процесса разрушения, делит область функционального изменения на две.

При  $S/V < 1$  преобладают явления деформирования (область  $V$ ), а при  $S/V > 1$  – явления образования новых поверхностей (область  $S$ ).

Количественное значение доли того или иного явления в процессе разрушения определено положением соответствующей критериальной точки  $A$  на зависимости  $S = f(V)$ , соответствует показателю степени  $n$ :

$$A_{y\partial} = K_{y\partial} D^{-ya}. \quad (9)$$

Из-за отсутствия теоретического обоснования и количественного выражения основных физических закономерностей они до сих пор не используются, хотя это радикальный путь создания сквозной энергосберегающей технологии.

Качественным переходом при рассмотрении физической сущности процессов в физико-химической механике торфяных систем является переработка фрактальной геометрии разрушения с учетом масштабного эффекта.

Теория фракталов позволяет с единых позиций решить задачу описания всей иерархии структурных зависимостей в материалах. Показана возможность применения степенного закона изменения функциональной зависимости для оценки влияния масштабного фактора.

С учетом сказанного выше можно предположить, что параметр  $n$  в степенной зависимости (6), характеризующей нелинейность рассматриваемого процесса, связан с фрактальными характеристиками дефектов в структуре разрушения.

Можно считать, что дефектное множество (структура разрушения) развивается в теле как самоподобный фрактальный кластер (на самом деле мультифрактальный) размерностью  $D_\phi$ , изменяющейся в пределах  $0 < D_\phi < 3$ .

Задача описания неоднородностей в распределении основных структурных элементов систем разрушения в рамках теории фракталов решается на основании закона распределения плотности в фрактальных агрегатах (кластерах):

$$\rho = \rho_0(r^{D_\phi} - d), \quad (10)$$

где  $\rho_0$  – плотность материала частиц кластеров;  $r$  – безразмерный параметр текущего расстояния, выраженный в долях радиуса частиц;  $d$  – топологическая размерность физического пространства, в котором размещены агрегаты ( $d = 1$  для линий,  $d = 2$  для плоскостей и пологих поверхностей и  $d = 3$  для шаров и массивов).

Фрактальная размерность структур агрегатов (например, торфяных структур, табл. 1) варьируется в пределах  $D_\phi = 2 \dots 2,6$ .

При этом показатель степени функции (8) будет изменяться от  $n = -1$  до  $n = -0,4$ , что соответствует пределам изменения уровня нелинейности  $X_A = 0,3 \dots 0,5$ .

В работе [29, 30] показано, что критерий предельного равновесного состояния структурной системы  $K_p$  связан с фрактальной размерностью  $D$  следующей зависимостью

$$K_p = \frac{1 - D\phi}{D\phi(1 + D\phi)}.$$

**Таблица 1.** Фрактальная размерность структур агрегатов торфяных систем (по данным И.И. Лиштвана, Б.А. Богатова, М.И. Кулака [30])

**Table 1.** Fractal dimension of the structures of the aggregates of peat systems (according to the data of I.I. Lishtvan, B.A. Bogatov, M.I. Kulak [30])

Группа и вид торфа	Фрактальная размерность D торфа типа:		
	низинного	переходного	верхового
Средние для типа	2,406	2,247	2,091
Ольховый	2,411	-	-
Березовый	2,411	-	-
Еловый	2,367	-	-
Сосновый	2,637	-	-
Группа древесная	2,472	2,286	2,031
Древесно-осоковый	2,274	-	-
Древесно-тростниковый	2,425	2,247	-
Сосново-пушицевый	-	-	2,086
Группа древесно-травяная	2,502	2,277	2,085
Древесно-гипновый	2,329	-	-
Древесно-сфагновый	2,441	2,192	2,172
Группа древесно-моховая	2,385	2,193	2,172
Тростниковый	2,392	-	-
Вахтовый	2,202	-	-
Осоковый	2,406	2,403	-
Шейхцериевый	2,275	2,193	2,118
Группа травяная	2,370	2,298	2,100
Осоково-гипновый	2,512	-	-
Осоково-сфагновый	2,433	2,037	-
Пушицево-сфагновый	-	-	2,081
Шейхцерииво-сфагновый	-	-	2,146
Группа травяно-моховая	2,472	2,019	2,106
Сфагновый	2,064	2,106	2,114
Гипновый	2,398	2,245	-
Фускум	-	-	2,098
Медиум	-	-	2,093
Сфагново-мочажинный	-	-	2,114
Комплексный	-	-	2,016
Группа моховая	2,292	2,215	2,079
Усредненное значение D	2,386	2,211	2,099

Критерий имеет экстремум  $K_p \rightarrow \max$  при  $D\phi = \sqrt{2} + 1 = 2,4142\dots$  Этому условию соответствует уровень функциональной нелинейности  $X_A$ , который будет равен  $X_A = \frac{1}{D} = 0,4142\dots$

У большого класса функций при увеличении параметра  $D_\phi$  происходит разрушение прежде устойчивого цикла и замена его циклом с удвоенным периодом.

Это удвоение периода продолжается до бесконечности, и возникает хаотическое поведение.

Варьируя параметром  $D_\phi = 4\mu$  в интервале  $0-4$ , проследим динамику изменения этого точечного отображения.

Тогда на отрезке  $[0, 1]$ , который отображение преобразует в себя, получим закономерности перехода структурной системы к разрушению.

При  $0 < D_\phi < 1$  квадратичное отображение имеет единственную неподвижную точку  $X_A = 0$ , которая является устойчивой.

При  $1 < D_\phi < 3$  неподвижная точка теряет устойчивость, поскольку на отрезке  $[0, 1]$  появляется еще одна неподвижная точка  $X_{A1}$ , которая будет устойчивой.

Для предельного случая при  $C_0 \rightarrow \max$

$$X_{A1} = 1 - \frac{1}{D} = 1 - \frac{1}{2,4142} = \\ = 1 - (\sqrt{2} - 1) = 2 - \sqrt{2} = 0,585\dots$$

Фрактальные характеристики структуры торфов низинного, переходного и верхового типов (табл. 1), указывают, что структура низинного торфа близка к предельно-равновесному состоянию  $D_\phi = 2,4142\dots$ , тогда как фрактальная размерность для верхового торфа стремится к  $D_\phi \rightarrow 2$ .

Если допустить, что характеристики плотности материала связаны с энергетикой разрушения (при постоянстве масштабного фактора), то из зависимостей (5)–(9) можно установить соотношение основных гипотез, выраженных через показатель удельного расхода энергии:

$$A_{y\phi} = K_1 D^{m-3} = K_2 D^{-n} = K_3 D^{-ya} = K_4 r^{D_\phi - d}, \quad (11)$$

где  $m$  – показатель степени в законе дробления (7);  $n$  – показатель доли работы образования

новых поверхностей (8);  $Y_A$  – уровень нелинейности функциональной зависимости, ордината критериальной точки (9);  $r$  – параметр структуры материала (10);  $D$  – размер дробимого материала;  $D_\phi$  – фрактальная размерность системы дробления;  $d$  – топологическая размерность системы разрушения.

Из соотношения (11) имеем  $D_\phi = m = d - n = d - Y_A$ .

Таким образом, полученное соотношение выражает взаимосвязь показателя нелинейности с фрактальной размерностью системы разрушения.

Исходя из этого, фрактал – отражение нелинейности состояния системы в данной топологической размерности.

Анализ основных гипотез указывает на их связь с характером нелинейности функциональных процессов и фрактальной размерностью структур.

Поскольку в теории фракталов мера мерного множества  $d$  в общем случае равна нулю (при  $d > D_\phi$ ), то  $D_\phi = d \pm Y_A$ .

Результаты анализа научных работ [22] позволяют утверждать, что зависимость коэффициента сопротивления резанию торфа от толщины стружки выражается степенной функцией вида

$$K = C/\delta^n,$$

где  $n = 3 - m$  при  $2 < m < 3$ , что подтверждается многочисленными экспериментальными исследованиями различных авторов (табл. 2).

Возрастание коэффициента сопротивления резанию с уменьшением толщины стружки можно объяснить влиянием масштабного

**Таблица 2.** Обобщение результатов оценки НДС при резании и фрезеровании  
**Table 2.** Summarizing the results of the assessment of VAT on cutting and milling

Рабочий режущий элемент	Исследователь	Показатель степени $n$	Область исследований $M_{xy}$	Угол внутреннего трения $\phi$ , °	Уровень нелинейности $X_A$
Тарельчатый нож	А.Д. Лукьянов	0,333	0,437	23,6	0,281
Плоский нож	А.В. Журавлев	0,333	0,437	23,6	0,281
Проходной нож	А.Ф. Ремизов	0,333	0,437	23,6	0,281
Плоский нож	М.В. Мурашов	0,468	0,373	20,5	0,313
Плоский нож	А. Лукьянчиков	0,390	0,483	25,8	0,258
Штифт	Л.Н. Самсонов	0,400	0,340	18,8	0,329
Подвесной нож	Л. Горинштейн	0,339	0,445	24,0	0,277
Шнек	К. Севостьянов	0,500	0,627	32,0	0,187
Плоский нож	А.Н. Павлов	0,401	0,530	27,9	0,235
Плоский нож	В.Ф. Сеницын	–	0,437	23,6	0,281
Проходной нож	В.В. Ваганов	–	0,644	32,8	0,177
Пила	А.В. Эйнорис, А.Ю. Потюнас	1,140	1,059	46,7	0

фактора, увеличением относительной зоны распространения деформаций в подрезцовом слое и повышением степени измельчения структуры.

Результаты экспериментальных исследований А.Н. Лукьянчикова [31] показывают, что вид зависимости  $K = f(\delta)$  остается одним и тем же при различной влажности торфа.

Для сопоставления результатов предшествующих исследований проанализированы опытные данные, в которых выполнен большой объем экспериментов в широком диапазоне режимов резания.

В табл. 2 дана оценка энергоемкости и характеристик переходных процессов разрушения торфяных структур в диапазоне изменения толщины срезаемой стружки (1–10 мм) и скоростей резания (4,7–15,4 м/с). Сравнивая зависимости энергоемкости разрушения, можно отметить, что, несмотря на изменение  $K$  в широком диапазоне, характер функциональных зависимостей одинаков – уровень их нелинейности близок  $X_A = 0,32–0,33$ .

Это обстоятельство позволило Л.Н. Самсонову предложить общую формулу для описания процесса фрезерования

$$A = \tau_m C / \delta^{0,4}, \quad (12)$$

где  $A$  – удельная работа фрезерования, кДж/м<sup>3</sup>;  $\tau_m$  – предельное напряжение сдвигу, кПа;  $C$  – коэффициент, соответствующий форме рабочего элемента;  $\delta$  – средняя толщина стружки, мм.

Показатель степени данной зависимости соответствует уровню нелинейности  $X_A = 1/3$  (табл. 2).

С теоретической точки зрения выражение, согласно основным закономерностям поверхностного разрушения, должно быть представлено в виде степенного закона

$$A = \tau_m C / \delta^{1/e}. \quad (13)$$

Данное выражение является приведенной формой зависимости  $A = f(\delta)$  и соответствует степенной функции.

В качестве обобщенного критерия эффективности разрушения слоя торфяной залежи предлагается использовать отношение, у которого числитель – удельное сопротивление слоя торфяной залежи разрушению (коэффициент сопротивления резанию  $K_p$  или удельная энергоемкость фрезерования  $A$ ) при заданном способе фрезерования, а знаменатель – сопротивляемость разрушению (предельное напря-

жение сдвига  $\tau_m$  или отрыва  $\sigma_p$  слоя торфяной залежи).

Величина  $A/\tau_m$  характеризует степень эффективности разрушения.

Чем больше отношение  $A/\tau_m$ , тем более энергоемок данный способ стружкообразования при фрезеровании.

Эффективность процесса разрушения непосредственно связана с уровнем нелинейности функциональной зависимости.

Аналогом степенного закона подобия в естествознании может служить адиабатическое уравнение состояния среды в волновой теории, которое в общем случае является нелинейным [32].

Оно может быть с достаточной точностью описано в виде первых двух членов бесконечного ряда Тейлора

$$p \approx Ks + (B/2)s^2,$$

где  $p$  – давление;  $s = \Delta\rho / \rho_0$  – относительное сжатие среды;  $\rho$  – плотность среды;  $K$  – адиабатический модуль объемной упругости;  $B$  – нелинейный модуль объемной упругости.

Дифференцируя данное выражение по плотности  $\rho$ , на основании обозначения  $c^2 = dp/d\rho$ , где  $c$  – местная скорость волны, получаем

$$c = (dp/d\rho)^{1/2} = c_0 [1 + Bs/(2K)],$$

здесь  $c_0 = (K/\rho_0)^{1/2}$  есть скорость распространения волны бесконечно малой амплитуды, а множитель в скобках дает небольшую поправку к этой скорости, связанную с учетом квадратичного члена в уравнении состояния.

Используя линейное соотношение между относительным сжатием и колебательной скоростью  $s = v/c_0$ , получаем  $c = c_0 + Bv/(2K)$ .

Данная зависимость обусловлена только упругой нелинейностью среды, которая определяется отношением коэффициентов при квадратичном и линейном членах адиабатического уравнения состояния.

Поэтому отношение  $B/K$  принято называть нелинейным параметром среды взаимодействия (информационной системы).

Поясним физическую сущность приведенной нелинейной характеристики информационной среды. Нелинейный параметр  $B/K$  может быть вычислен, если уравнение состояния среды взаимодействия задано в явном виде.

Так, для адиабатического процесса в качестве уравнения состояния может служить уравнение Пуассона  $P/P_0 = (\rho/\rho_0)^\gamma$ , где  $\gamma$  – эмпирическое отношение теплоемкостей.

Таблица 3. Классификационная характеристика состояния системы

Table 3. Classification characteristic of the system state

Параметры состояния	Качественные уровни состояния информационной системы					
	покой	предельный цикл	скольжение	золотое сечение	качение	верчение
Обобщенный параметр состояния, $P_{K(H)}$	0	1/2	$1/\sqrt{2}$	2/p	$1/\sqrt{2}$	1
Угол связности, $\varphi^\circ$	90	36,86	30	25,04	19,47	0
$n = \gamma = K_d$	2	1,6	1,5	$\sqrt{2}$	4/3	1
$X_A = B/K = \sin\varphi$	1	0,6	0,5	0,41	0,33	0
Критерий равновесного состояния, $K_p$	0	0,15	1/6	$(\sqrt{2} - 1)^2$	1/6	0

Дифференцируя данное уравнение дважды по плотности в точке  $\rho = \rho_0$  и, умножая на  $\rho_0^2$ , получим соотношение  $B/K = \gamma - 1$ .

Соотношение теплоемкостей  $\gamma = C_p/C_v$  определяется числом и характером степеней свободы  $i$ , которыми обладает структурная система, при этом  $\gamma = C_p/C_v = (i + 2)/i$ .

Уровень нелинейности состояния структурной системы в этом случае определится из соотношения [4]  $X_A = 2/i$ .

Поскольку  $i = 2/(\gamma - 1)$ , то получаем условие оценки нелинейности

$$X_A = \gamma - 1 = n - 1 = B/K.$$

Опыты по сжимаемости простых жидкостей и твердых изотропных тел показывают, что адиабатическое уравнение состояния для этих сред может быть представлено уравнением Тэта  $P/P_0 = (\rho/\rho_0)^n$ , в котором показатель изоэнтропы  $n$  эквивалентен параметру  $\gamma$  в уравнении Пуассона.

Этот эмпирический параметр связан с параметром нелинейности  $B/K$  соотношением  $n = \gamma = (B/K) + 1$ .

Сводный анализ предельных напряженно-деформированных состояний различных материалов показал прямую взаимосвязь [33]

$$n = K_d = 1 + \sin\varphi,$$

где  $K_d$  – коэффициент динамичности.

Тогда  $B/K = \sin\varphi$ , где  $\varphi$  – угол внутреннего трения (связности) структурной системы.

Таким образом, показатель степени  $n$  в законе самоподобия является обобщенной характеристикой состояния информационной системы, к которой может быть причислена и научная деятельность ученого.

Параметр  $B/K = \sin\varphi$  встречается часто в различных областях знания.

В механике сплошных сред – это параметр Лоде.

В волновых процессах – это амплитуда отклонения от равновесного состояния и коэффициент отражения волны.

В энергетике – это отношение лагранжиана к гамильтониану.

В сушке материалов – это критерий Кирпичева  $K_i = 2 \sin\varphi$ .

В теории массового обслуживания – это критерий готовности

$$K_T = (1 + \sin\varphi)/2.$$

Таким образом, данный параметр является универсальным критерием сравнительной оценки.

С ним непосредственно связан и критерий предельного равновесного состояния структурной системы [4]  $K_p = \sin\varphi (1 - \sin\varphi)/(1 + \sin\varphi)$ .

В табл. 3 приведена классификационная характеристика изменчивости состояния информационной системы.

Геометрические модели теории дистортности дают наглядное представление об основных гипотезах разрушения горных пород, а степенной закон подобия формализует единый закон разрушения масштабно-инвариантных фрактальных агрегатных структур с учетом их реальных физико-механических свойств.

### Библиографический список

1. Зюзин Б.Ф. Введение в дистортность / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 1994. – 160 с.
2. Зюзин Б.Ф. Дистортность в механике горных пород / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 1995. – 196 с.
3. Зюзин Б.Ф. Дистортность в естествознании / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 1996. – 160 с.

4. *Зюзин Б.Ф.* Дистортность в природных системах / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов, А.А. Терентьев // Монография. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 415 с.
5. *Богатов Б.А.* Прогнозирование предельных состояний в нелинейной геомеханике / Б.А. Богатов, В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // Монография. – Минск: Белорусская горная академия, 2000. – 340 с.
6. *Зюзин Б.Ф.* Инварианты дистортности / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 2015. – 168 с.
7. *Баранов Е.Г., Крымский В.И.* Оценка энергоемкости и степени разрушения горных пород // Изв. вузов. Горный журнал. – 1988. – № 4. – С. 49–52.
8. *Баранов Е.Г., Крымский В.И.* Современное состояние и пути развития теории разрушения горных пород // Изв. вузов. Горный журнал. – 1989. – № 2. – С. 1–10.
9. *Зельдович Я.Б., Соколов Д.Д.* Фракталы, подобие, промежуточная асимптотика / УФН. – 1985. – Т. 146. – Вып. 3. – С. 493–506.
10. *Ильюшин А.А.* Пластичность. – М.: ОГИЗ, 1948. – 376 с.
11. *Ильюшин А.А.* Пластичность. – М.: АН СССР, 1963. – 271 с.
12. *Ильюшин А.А.* Закон плоских сечений в аэродинамике больших сверхзвуковых скоростей // Известия АН СССР. Прикладная математика и механика. – 1956. – Т. 20. – № 6. – С. 733–755.
13. *Ильюшин А.А.* Приложение закона плоских сечений и метода аффинной модели в газодинамике // Известия Артиллерийской академии наук. – 1949.
14. *Ильюшин А.А.* Динамика // Вестник Московского университета, серия 1; Математика, механика. – 1994. – № 3. – С. 227–240.
15. *Ильюшин А.А.* Вся жизнь – научный поиск // Наука и жизнь. – 1998. – № 2. – С. 16–21.
16. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Введение в синергетику. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
17. *Шебалин О.Д.* Молекулярная физика. – М.: Выс. шк., 1978. – 165 с.
18. *Богатов Б.А.* Проявление масштабного фактора в фрактальных структурах типа торфа // Изв. вузов. Горный журнал. – 1992. – № 7. – С. 32–35.
19. *Гольдштейн Р.В., Мосолов А.Б.* Мультифрактальная геометрия разрушения и масштабный эффект // Докл. РАН. – 1990. – Т. 329. – № 4. – С. 429–431.
20. *Кулак М.И.* Фрактальная механика материалов. – Минск: Выш. шк., 2002. – 304 с.
21. *Лиштван И.И., Богатов Б.А., Кулак М.М.* Фрактальные аспекты физикохимии дисперсных систем // Вести АН Беларусь. Сер. хим. наук. – 1992. – № 5, 6. – С. 13–20.
22. *Mandelbrot B.B.* The Fractal Geometry of Nature. – N.-Y., 1982. – 468 с.
23. *Смирнов Б.М.* Фрактальные кластеры // Успехи физ. наук. – 1986. – Т. 149. – Вып. 2. – С. 177–217.
24. *Смирнов Б.М.* Фрактальный клубок – новые состояния вещества // Успехи физ. наук. – 1991. – Т. 161. – Вып. 8. – С. 141–153.
25. *Федер Е.* Фракталы. – М.: Мир, 1992. – 254 с.
26. *Андреев С.Е.* Законы дробления // Горный журнал. – 1952. – № 7. – С. 36–38.
27. *Андреев С.Е.* По поводу обобщенного закона дробления // Горный журнал. – 1968. – № 5. – С. 28–31.
28. *Ребиндер П.А.* Физико-химическая механика – новая пограничная область науки. – М.: Знание, 1958. – 63 с.
29. *Друянов В.А.* Загадочная библиография земли. – М.: Недра, 1975. – С. 67–73.
30. *Калашников А.М., Степук Я.В.* Основы радиотехники и радиолокации. – М.: Воениздат, 1962. – 366 с.
31. *Зюзин Б.Ф.* Закономерности стружкообразования при фрезеровании торфяной залежи // Торфяная промышленность. – 1990. – № 1. – С. 23–25.
32. *Шутилов В.А.* Основы физики ультразвука. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 280 с.
33. *Лотов В.Н.* Предельные напряженно-деформированные состояния в торфяных системах. – Тверь: ТвГТУ, 1997. – 145 с.

УДК 622.331:553.97.042

### **Мокроусова И.В.**

Мокроусова Ирина Владимировна, к. г.-м. н., доцент кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12. mokrousova-i@bk.ru

### **Лаптева С.Б.**

Лаптева Светлана Борисовна, старший преподаватель кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля ТвГТУ. Тверь, Академическая, 12. lapteva77@bk.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БИОГЕННОЙ АККУМУЛЯЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ**

*Аннотация.* Приведены предварительные результаты изучения биогенного накопления кремния, кальция, алюминия, железа, фосфора, серы, меди, цинка, и марганца в низинной торфяной залежи торфяных месторождений Тверской области. Рассчитаны коэффициенты аккумуляции для дернины, корнеобитаемого 0,10 м слоя, а также для верхнего (0,5 м) и придонного горизонтов.

*Ключевые слова:* геохимия органического вещества, торфяное месторождение, торф.

### **Mokrousova I.V.**

Mokrousova Irina V., PhD, Associate prof., Chair of Geology, Peat and Sapropel Processing of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12.

### **Lapteva S.B.**

Lapteva Svetlana B., Senior lecturer, Chair of Geology, Peat and Sapropel Processing of the Tver State Technical University.

## **INVESTIGATION OF BIOGENIC ACCUMULATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN PEAT DEPOSITS OF DIFFERENT GEOLOGICAL ENVIRONMENT**

*Annotation.* Preliminary results of the study of biogenic accumulation of silicon, calcium, aluminum, iron, phosphorus, sulfur, copper, zinc, and manganese in the low-moor peat deposits of the Tver Region are presented. The accumulation coefficients for the sod, root layer 0.10 m, as well as for the upper (0.5 m) and bottom layers are calculated.

*Key words:* geochemistry of organic matter, peat deposit, peat.

Распределение химических элементов по глубине торфяных залежей связано со многими факторами, включающими как свойства генетических пластов торфа (R, A, виды торфа), так и условия среды (рН, химический состав и др.).

На распределение элементов в верхних горизонтах торфяных залежей большое влияние оказывает растительный покров.

Содержание различных химических элементов в растениях зависит не только от их физиологической потребности, но и от кларков этих элементов в литосфере (почвах), их подвижности в конкретной геохимической обстановке. Часто подвижность химических элементов, т. е. способность в определенных условиях создавать растворимые формы и переходить в раствор, оказывает существенное влияние на его содержание в растениях. С жизнедеятельностью растений-торфообразователей связана биогенная аккумуляция различных химических элементов в торфяных залежах.

Вопросы аккумуляции и миграции веществ в торфяных почвах, главным образом кальция и железа, рассматриваются в работах Ефимова В.Н. [1], причем за основу брался метод сравнения состава торфа и торфообразователей.

В настоящей работе приведены предварительные результаты изучения биогенного накопления кремния, кальция, алюминия, железа, фосфора, серы, меди, цинка и марганца в низинной торфяной залежи торфяных месторождений Тверской области путем изучения накопления по глубине торфяной залежи.

Одно торфяное месторождение залегает в условиях моренного рельефа и имеет гли-

нистое окружение, другое залегает в аллювиальных песках. Исследовались они по трем пунктам бурения через 0,25 м; верхний корнеобитаемый 0,10 м и дернина отбирались и изучались отдельно.

Все отобранные образцы анализировались на содержание элементов химическим методом.

Были рассчитаны также коэффициенты относительного накопления химических элементов по глубине для верхних (0,5 м) и придонного горизонтов путем деления содержания элементов в верхнем слое залежи на содержание их в средней части, исключая придонные горизонты с повышенной зольностью.

В табл. 1 приведена геохимическая характеристика исследуемых элементов по их содержанию в литосфере (К), подвижности ( $K_x$ ), и КПБ в ландшафте по А.И. Перельману [2].

Из исследованных элементов сера и кальций являются самыми подвижными в ландшафте по степени водной миграции (обладают самыми высокими коэффициентами миграции), Fe, Mn подвижны в восстановительных условиях, где мигрируют в двухвалентной форме. Cu и Zn подвижны в кислой и слабокислой среде, Si и P – слабоподвижные элементы, Al относится к группе очень слабоподвижных и инертных элементов.

Биофильность по КПБ этих элементов выражена по-разному: P, S – это элементы очень интенсивного накопления, Si, Al, Fe – очень слабого накопления.

Анализ результатов изучения содержания и распределения химических элементов в

**Таблица 1.** Геохимическая характеристика некоторых элементов

**Table 1.** Geochemical characteristics of some elements

Элемент	Кларк в литосфере, (I)	Коэффициент водной миграции $K_x$	Коэффициент биологического поглощения КПБ	Кларк-концентрация КК (в торфе)	КПБ-залежь с глинистым окружением
1	2	3	4	5	6
Si	2,95	0, n-n	0,51	0,3	0,5-1,8
Al	8,05	0, n-0,0n	0,17	0,2-0,3	0,3-0,8
Fe	4,65	0, n-n	0,25	0,3-1,05	0,8-1,4
Ca	2,96	n-10n	5,0	2,92	0,9-1,3
Mn	$1,0 \cdot 10^{-1}$	0, n-n	7,5	0,6	2,9-4,7
P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	0, n-n	37,6	7,5	1,6-2,0
S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	n-10-n-100	53	10,6	0,9-1,3
Zn	$8,3 \cdot 10^{-3}$	0, n-n	10,8	0,2	2,2-4,6
Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	0, n-n	4,2	0,4	0,3-0,6

залежи с глинистым окружением позволяет говорить о различной степени относительной биогенной аккумуляции разных элементов в различных горизонтах торфяной залежи по глубине (табл. 2).

**Дернина.** Наиболее биофильными элементами являются марганец и цинк ( $K_{ак} > 2$ ), в меньшей степени аккумулируются фосфор и сера, хотя в ландшафтах последние относятся к элементам очень интенсивного накопления (марганец же и цинк – элементы интенсивного и среднего накопления). По-видимому, имеет значение увеличение подвижности цинка и марганца в условиях слабокислой среды низинных торфяных месторождений.

Коэффициенты аккумуляции Si, Ca, Fe колеблются от 0,5 до 1,8. Следует отметить меньшую по сравнению с другими ландшафтами активность кальция.

Слабая биогенная аккумуляция отмечена для меди и алюминия, которые попадают в одну группу. Вероятно, подвижность меди здесь уменьшается.

**Корнеобитаемый слой 0,1 м.** В этом слое следует отметить накопление марганца ( $K_{ак}$  до 5), кремния ( $K_{ак}$  до 4), фосфора ( $K_{ак} \leq 5$ ) и обеднение цинком ( $K_{ак} < 1,8$ ) по сравнению с дерниной. Медь по-прежнему ассоциируется с алюминием с  $K_{ак} \leq 1$ . Содержание кальция, железа, серы изменяется мало. В этом слое накопление элементов происходит не только

за счет биогенной аккумуляции, но и за счет приноса поверхностными водами и атмосферными осадками.

**Горизонт 0,25 м.** В этом горизонте накапливаются Fe, Mn, P ( $K_{ак} > 1$ ) по сравнению с другими элементами. Следует отметить накопление алюминия. Аккумуляция меди слабая.

**Горизонт 0,5 м.** В этом горизонте наблюдается накопление Mn и Ca ( $K_{ак} > 1$ ), алюминия, вынос серы, фосфора, цинка.

**Придонный горизонт.** Анализ содержаний химических элементов в придонном слое торфяной залежи (с  $A > 30\%$ ) позволяет сделать вывод о накоплении ряда элементов в минеральной части торфа, представленной в основном глинистыми минералами.

Особо заметно накопление кремния, затем железа и алюминия. Слабо накапливается марганец, медь, кальций, сера.

Сравнение содержаний химических элементов в отдельных горизонтах торфяной залежи по глубине позволяет говорить об их различном распределении. Элементы активного биогенного накопления (в дернине) Mn, Zn, P, S, являющиеся подвижными, в придонных слоях с повышенной зольностью имеют низкое содержание. Для этого горизонта более характерно накопление слабых мигрантов – Si, Fe, Al, поэтому ряды относительной аккумуляции существенно изменяются. Это позволяет указать на значительно меньшую степень их

**Таблица 2.** Коэффициенты аккумуляции химических элементов в торфяной залежи моренного рельефа (в убывающем порядке)

**Table 2.** The accumulation coefficients of chemical elements in the peat deposits of the moraine relief (in descending order)

Характеристика генетического горизонта и глубина, м	Коэффициент аккумуляции $K_{ак}$							
	$2 < K_{ак} < 5$		$1 < K_{ак} < 2$		$0,5 < K_{ак} < 1,8$		$0,3 < K_{ак} < 1$	
Дернина	Mn > Zn		P > S		Si > Ca $\approx$ Fe		Cu $\approx$ Al	
0,1 Древесно-осоковый R = 30–40%; A = 11,3–17,4%	$0,4 < K_{ак} < 5$		$0,5 < K_{ак} < 4$	$0,4 < K_{ак} < 3$		$0,5 < K_{ак} < 2$		$0,3 < K_{ак} < 1$
	Mn		Si	P		S > Fe > Zn > Ca		Al $\approx$ Cu
0,25 Древесно-осоковый R = 30–45%; A = 10,9–21,5%	$1 < K_{ак} < 3$		$1 < K_{ак} < 2$	$0,4 < K_{ак} < 3$		$0,7 < K_{ак} < 2$		$0,5 < K_{ак} < 1$
	Fe > Mn		P	Si		Al > Ca > S > Zn		Cu
0,5 Древесно-осоковый R = 35–45%; A = 10,8–18,4%	$1 < K_{ак} < 3$	$1 < K_{ак} < 2$	$0,7 < K_{ак} < 3$	$0,2 < K_{ак} < 2$	$0,8 < K_{ак} < 2$	$0,6 < K_{ак} < 1,5$	$0,3 < K_{ак} < 1,5$	$K_{ак} = 0,7–1,0$
	Mn	Ca	Fe	Si	Al	P	S	Zn Cu
Придонный горизонт Древесный A = 38,8–54,5%	$4 < K_{ак} < 16$	$2 < K_{ак} < 4$	$2 < K_{ак} < 3$	$1,4 < K_{ак} < 2$	$0,9 < K_{ак} < 2$		$0,7 < K_{ак} < 2$	
	Si > Fe > Al > P > Zn > S						Mn $\approx$ Cu > Ca	

биогенной аккумуляции по сравнению с марганцем, цинком, серой.

Самым биофильным элементом в торфяной залежи является марганец, последними членами ряда являются медь и алюминий.

Степень биогенной аккумуляции и зависимость накопления от состава минеральной части позволяет судить об относительной подвижности исследованных элементов в торфяной залежи.

Для сравнения проводились исследования на торфяном месторождении, залегающем на аллювиальных песках.

**Дернина.** Как и в залежи с глинистым окружением, самыми биофильными элементами являются марганец и цинк ( $K_{ак}$  от 1 до 11). При этом следует отметить широкий диапазон колебаний коэффициентов относительной аккумуляции. По-видимому, эти элементы обладают большей подвижностью в торфяной залежи на аллювиальных песках. Значительная аккумуляция наблюдается для кремния ( $K_{ак} > 2$ ), причем более высокая, чем в условиях моренного рельефа, что, вероятно, в определенной степени обусловлено большим валовым его содержанием. Более подвижным здесь является железо. Такие подвижные в ландшафтах элементы, как фосфор и сера, по степени относительной аккумуляции располагаются на последних местах (табл. 3). Алюминий и медь занимают промежуточное положение.

**Корнеобитаемый слой 0,1 м.** В этом слое происходит накопление марганца, кремния ( $K_{ак} < 2,5$ ) по сравнению с дерниной. Содержание железа, кальция почти не изменяется, а фосфора, меди и серы уменьшается по сравнению с дерниной. Очевидно, цинк, фосфор и сера в условиях слабокислой реакции среды лучше усваиваются растениями. Накопление же марганца, кремния, алюминия можно объяснить за счет привноса их водами поверхностного стока и атмосферными осадками в виде коллоидов и механических взвесей, а марганца и за счет биогенной аккумуляции.

**Горизонт 0,25 м.** Этот горизонт характеризуется накоплением кремния ( $K_{ак}$  до 19), в меньшей степени марганца и алюминия. Происходит обеднение цинком (по сравнению с корнеобитаемым слоем), в содержании железа, фосфора, кальция заметных изменений не происходит. Аккумуляция серы и меди по-прежнему слабая.

**Горизонт 0,5 м.** Отмечается слабое накопление алюминия и марганца; обеднение кальцием и железом; вынос цинка, фосфора, серы, меди ( $K_{ак} < 1$ ), в значительной степени – кремния ( $K_{ак} < 0,7$ ).

**Придонный горизонт.** В этом горизонте (с  $A > 50\%$ ) интенсивно идет накопление кремния и алюминия, по-видимому, связанное с минеральной песчаной фракцией ( $K_{ак} > 13$ ), в меньшей степени кальция и железа и обедне-

**Таблица 3.** Коэффициенты аккумуляции химических элементов в торфяной залежи на аллювиальных песках

**Table 3.** The accumulation coefficients of chemical elements in peat deposits on alluvial sands

Характеристика генетического горизонта и глубина, м	Коэффициент аккумуляции, $K_{ак}$						
Дернина	$1 < K_{ак} < 11$	$2 < K_{ак} < 7$	$1 < K_{ак} < 2$	$0,3 < K_{ак} < 3$			
	Mn > Zn	Si	Fe	Al > Cu > Ca > P > S			
0,1 Древесно-осоковый R = 40%; A = 14,3–21,5%	$1 < K_{ак} < 19$	$0,4 < K_{ак} < 8$	$0,8 < K_{ак} < 3,8$	$0 \approx K_{ак} < 2,5$	$0,5 < K_{ак} < 1,2$		
	Mn > Si	Al	Fe > Ca	P > Zn	Cu > S		
0,25 Древесно-осоковый R = 45%; A = 12,8–25%	$1 < K_{ак} < 19$	$1 < K_{ак} < 4$	$1,5 < K_{ак} < 2,6$	$0,5 < K_{ак} < 2,4$	$0,3 < K_{ак} < 2$	$0,4 < K_{ак} < 1,5$	
	Si	Mn	Al	Fe	P > Ca	Zn > S > Cu	
0,5 Древесный, древесно-тростниковый, древесно-осоковый R = 35–45%; A = 10,8–18,4%	$0,8 < K_{ак} < 3$	$1,8 < K_{ак} < 2$	$0,5 < K_{ак} < 1,2$	$0,7 < K_{ак} < 1$	$0,5 < K_{ак} < 0,9$	$0,4 < K_{ак} < 0,7$	
	Al	Mn	Ca > Fe	Zn > P	S > Cu	Si	
Придонный горизонт	$13 < K_{ак} < 57$	$2,7 < K_{ак} < 8$	$0,3 < K_{ак} < 5$	$0,5 < K_{ак} < 2$	$0,8 < K_{ак} < 1,2$	$0,5 < K_{ак} < 0,9$	$0 \approx K_{ак} < 0,75$
	Si	Al	P > Ca	Cu > Fe	Mn	S	Zn

**Таблица 4.** Коэффициент аккумуляции химических элементов в придонных горизонтах торфяных залежей

**Table 4.** The coefficient of accumulation of chemical elements in the bottom layers of peat deposits

Химические элементы Характеристика водосборных площадей	Коэффициент аккумуляции								
	Si	Fe	Al	P	S	Zn	Mn	Cu	Ca
Моренный рельеф	15,3	3,2	2,3	1,8	1,1	2,0	1,7	1,6	1,3
Аллювиальные пески	56,7	1,5	1,8	4,5	0,9	0,75	1,2	2,0	5,0

ние, по сравнению с торфяной залежью, марганцем, серой, цинком, медью.

Анализ распределения химических элементов по глубине торфяной залежи (по  $K_{ак}$ ) позволяет отметить следующее: активными элементами биогенного накопления являются (в порядке убывания  $K_{ак}$ ) марганец, цинк, кремний, в некоторой степени железо. Особенно интенсивно идет накопление Mn и Si в горизонте 0,10 м, относительное содержание серы и железа по глубине изменяется мало. Происходит некоторое уменьшение по глубине меди и цинка.

Анализируя данные по содержанию химических элементов в верхних горизонтах торфяных залежей двух исследованных торфяных месторождений, можно отметить некоторое сходство в их распределении в дернине, корнеобитаемом слое. Расположив изученные элементы в порядке убывания наибольших значений их КБП (для дернин) и  $K_{ак}$  (для слоя 0,1 м), получим соответственно следующие ряды:

В условиях моренного рельефа

$Mn > Zn > P > Si > Fe > S > Ca > Al > Cu$   
 $Mn > Si > P > S > Fe > Zn > Ca > Al > Cu$

На аллювиальных песках

$Mn > Si > Zn > Al > Mn > Fe > S$   
 $Mn > Si > Al > Fe > Ca > P > Zn > Cu > S$

Элементами наибольшего биогенного накопления в любых условиях являются мар-

ганец и цинк. Однако порядок величин КБП и  $K_{ак}$  значительно выше на аллювиальных песках, несмотря на близкие показатели зольности и ботанический состав. Определяющими факторами, по-видимому, являются разные геологические условия залегания торфяных месторождений и, следовательно, различный минеральный состав питающих поверхностных вод, влияющий на формирование зольной части торфяных залежей. В связи с этим имеет значение и различие в степени подвижности химических элементов в условиях различного геологического строения водосборных площадей.

Условия залегания обуславливают ряд других различий в распределении содержаний химических элементов в верхних горизонтах торфяных залежей. Отмечается более значительное накопление слабых мигрантов – кремния и алюминия в дернине и поддернинном слое в аллювиальных песках, по-видимому, за счет большего их содержания, а в условиях моренного рельефа – аккумуляция фосфора и серы.

Сравнения проведены по наибольшим значениям.

#### Библиографический список

1. Ефимов В.Н. Формы аккумуляции и миграции веществ в болотных почвах // Почвоведение. – 1961. – № 6. – С. 67–77.
2. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. – Л.: Недра, 1972. – 288 с.

УДК 622.331+622.641

### **Горячев В.И.**

Горячев Валентин Иванович, профессор кафедры инженерной графики Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12.

### **Михеев И.И.**

Михеев Игорь Иванович, доцент кафедры инженерной графики ТвГТУ. mikheev1937@yandex.ru

### **Щербакова Д.М.**

Щербакова Дарья Михайловна, ассистент кафедры ГТиГП ТвГТУ.

### **Goryachyov V.I.**

Goryachyov Valentin I., Prof. of the Chair of Engineering Graphics of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12.

### **Mikheyev I.I.**

Mikheyev Igor I., Associate Prof. of the Chair of Engineering Graphics of the Tver State Technical University.

### **Scherbakova D.M.**

Scherbakova Darya M., Assistant of the Chair of Geotechnology of the Tver State Technical University.

## **ЛЕНТОЧНЫЙ ФИЛЬТР-ПРЕСС НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ ДАВЛЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ НА НАЖИМНЫЕ РОЛИКИ**

*Аннотация.* Разработана конструкция ленточного фильтр-пресса непрерывного действия для обезвоживания материалов, на котором установлен гидропривод с плавным регулированием давления, передаваемым каждым гидроцилиндром на нажимные ролики. В результате этого повышается производительность фильтр-пресса и улучшается качество получаемого продукта по требуемой влажности.

*Ключевые слова:* ленточный фильтр-пресс, гидропривод, регулировка давления, элементы гидропривода.

## **TAPE FILTER PRESS OF CONTINUOUS ACTION WITH HYDRAULIC ADJUSTMENT OF PRESSURE OF HYDRAULIC CYLINDERS UPON PRESS ROLLERS**

*Annotation.* The design of a tape filter press of continuous action is developed for dehydration of materials on which the hydraulic actuator with the smooth regulation of pressure transferred by each hydraulic cylinder to press rollers is established. As a result of it productivity of a filter press increases and the quality of the received product on the required humidity improves.

*Key words:* tape filter press, hydraulic actuator, adjustment of pressure, hydraulic actuator elements.

**В** настоящее время известны различные конструкции ленточных фильтр-прессов непрерывного действия для непрерывного обезвоживания различных материалов. При этом усилие на отжимаемый материал передается различными способами. Для обезвоживания торфа-сырца применяются, в том числе, ленточные фильтр-прессы, в которых давление на отжимаемый материал передается с помощью гидропривода через нажимные ролики, закрепленные на штоках гидроцилиндров [1–4]. Фильтровальные ленты – верхняя и нижняя – образуют клиновое пространство, что обеспечивает уплотнение материала по мере его движения от загрузки к выгрузке. В этом же направлении возрастает и давление в гидроцилиндрах.

Величина давления должна быть оптимальной и соответствовать физико-механическим характеристикам отжимаемого материала. Если давление в гидроцилиндрах ниже оптимального, то удлиняется время отжима, что снижает производительность фильтр-пресса. Если давление выше оптимального, то ухудшается влагоотдача из отжимаемого материала, что также снижает производительность фильтр-пресса. Таким образом, необходим гидропривод с гидравлической настройкой и последующей регулировкой оптимального давления с автоматическим его поддержанием в каждом гидроцилиндре в процессе работы.

В известной конструкции ленточного фильтр-пресса типа ПЛР [1] давление в гидроцилиндрах последовательно возрастает за счет увеличения диаметров цилиндров. Это приводит к необходимости изготавливать набор гидроцилиндров для конкретного отжимаемого материала, а также не позволяет плавно изменять величину давления от одного гидроцилиндра к другому. Исключена также возможность плавного регулирования давления в гидросистеме, к которой подключены цилиндры, что необходимо для отжима материалов с различными физико-механическими характеристиками.

Указанные выше конструктивные особенности фильтр-пресса усложняют его конструкцию, эксплуатацию, настройку и сужают функциональные возможности при отжиме материалов с различными физико-механическими характеристиками, что, в конечном счете, снижает производительность фильтр-пресса и ухудшает качество получаемого продукта по требуемой влажности.

Разработана конструкция ленточного фильтр-пресса непрерывного действия для обезвоживания материалов, на котором установлен гидропривод с плавным регулированием давления, передаваемым каждым гидроцилиндром на нажимные ролики. В результате этого повышается производительность фильтр-пресса и улучшается качество получаемого продукта по требуемой влажности.

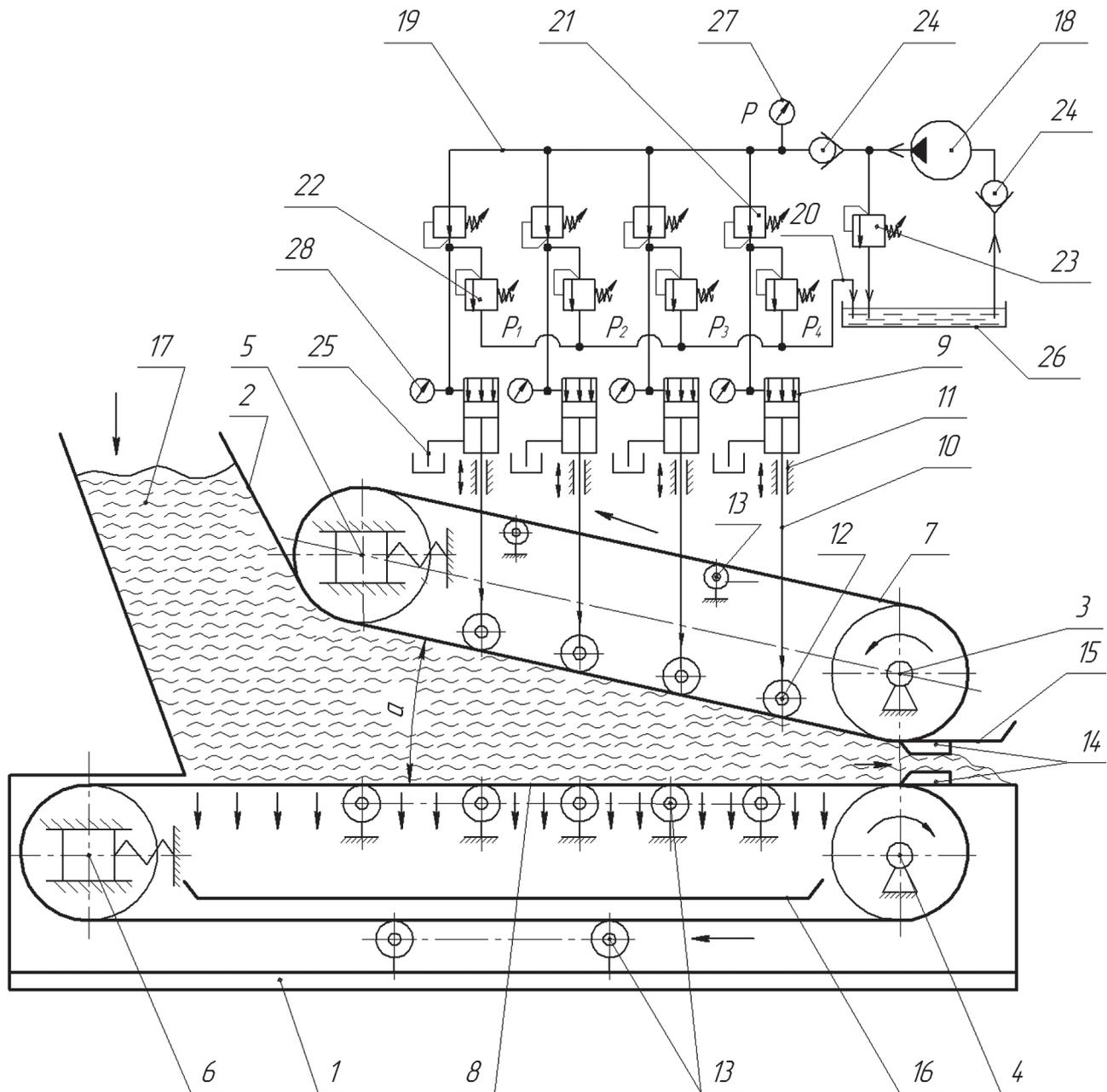
На рисунке представлен общий вид ленточного фильтр-пресса непрерывного действия.

Ленточный фильтр-пресс непрерывного действия состоит из рамы 1 с загрузочным бункером 2. На раме 1 установлены приводные валы верхний 3 и нижний 4 (привод условно не показан), а также натяжные валы 5 и 6 с фильтровальными полотнами верхним 7 и нижним 8. Над рабочей ветвью верхнего фильтровального полотна 7 на раме 1 закреплены гидроцилиндры 9 со штоками 10, установленные в направляющих 11. При этом на концах штоков 10 установлены нажимные ролики 12. Под холостой ветвью полотна 7 и на нижнем фильтровальном полотне 8 установлены опорные ролики 13.

На приводных валах 3 и 4 установлены счищающие ножи 14. На верхнем приводном валу 3 установлен поддон 15 для сбора отфильтрованной воды с верхнего фильтровального полотна 7. Для сбора отфильтрованной воды с нижнего фильтровального полотна 8 установлен поддон 16. Внутреннее пространство фильтр-пресса заполнено отжимаемым материалом 17.

На фильтр-прессе установлен также гидропривод, включающий в себя объемный насос 18, например, шестеренный; трубопроводы напорный 19 и сливной 20; гидроцилиндры 9, параллельно подключенные к напорному трубопроводу 19.

Поскольку гидроцилиндры питаются от одного насоса, но требуют разных давлений, на каждом из них последовательно установлены нормально открытые регулируемые редукционные двухлинейные клапаны 21 и нормально закрытые регулируемые переливные клапаны 22. Установлены также нормально закрытый регулируемый предохранительный клапан 23, обратные клапаны 24, дренажные сливные патрубки 25, гидробак 26 для рабочей жидкости, манометр 27 на напорном трубопроводе 19, манометры 28 на гидроцилиндрах 9 [5, 6].



**Рис.** Ленточный фильтр-пресс непрерывного действия с гидравлической регулировкой давления гидроцилиндров на нажимные ролики

**Fig.** Tape filter press of continuous action with hydraulic adjustment of pressure of hydraulic cylinders upon press rollers

Работа фильтр-пресса происходит следующим образом. Вначале включают гидронасос 18 и по манометру 27 настраивают рабочее давление  $p$  в напорном трубопроводе 19 с помощью нормально закрытого регулируемого предохранительного клапана 23.

Затем, в зависимости от физико-механических характеристик отжимаемого материала 17, редукционными клапанами 21 по манометру 28 настраивают рабочее давление в гидроцилиндрах 9 так, чтобы  $p > p_4 > p_3 >$

$p_2 > p_1$ , т. е. с постоянным увеличением усилия отжима по мере продвижения отжимаемого материала.

После настройки редукционных клапанов 21 настраивают переливные клапаны 22 для поддержания получаемого после редукционных клапанов давлений  $p_1, p_2, p_3, p_4$  путем непрерывного слива рабочей жидкости через сливной трубопровод 20 в гидробак 26.

Затем включают приводные валы 3 и 4, после чего в бункер 2 загружают отжимаемый

материал 17, который непрерывно поступает в зону отжима, откуда отфильтрованная вода с верхнего фильтровального полотна 7 стекает в поддон 15, а с нижнего фильтровального полотна 8 стекает в поддон 16, откуда вода отводится в канализацию.

Плотность поступаемого на отжим материала 17 неоднородна. Поэтому штоки 10 гидроцилиндров 9 в ходе работы периодически перемещаются вверх-вниз. Это приводит либо к увеличению, либо к уменьшению давления в гидроцилиндрах по сравнению с давлением настройки  $p_1, p_2, p_3, p_4$ .

При увеличении давления в каком-либо гидроцилиндре переливной клапан 22 данного гидроцилиндра дополнительно открывается, что приводит к увеличению объема сливаемой рабочей жидкости и, следовательно, к снижению давления до давления настройки.

При уменьшении давления в каком-либо гидроцилиндре переливной клапан 22 данного гидроцилиндра частично закрывается, что приводит к уменьшению объема сливаемой рабочей жидкости и, следовательно, к повышению давления до давления настройки.

Утечки рабочей жидкости, накапливающиеся в штоковых пространствах гидроцилиндров, удаляются через дренажные сливные патрубки 25 в сливной трубопровод 20.

При повышении давления в напорном трубопроводе 19 выше рабочего давления  $p$  предохранительный клапан 23 открывается, и рабочая жидкость сливается в гидробак 26.

При остановке насоса 18 происходит отсечка рабочей жидкости обратными клапанами 24.

Отжатый материал 17 счищается с поверхности фильтровальных полотен 7 и 8 ножами 14, после чего поступает на дальнейшую переработку.

## Выводы

1. Разработан ленточный фильтр-пресс непрерывного действия с гидроприводом, у которого ко всем нажимным роликам подсоединены гидроцилиндры, а также последовательно установлены нормально открытые регулируемые редуцирующие двухлинейные клапаны и нормально закрытые регулируемые переливные клапаны.
2. Конструкция гидропривода обеспечивает плавное регулирование усилий, передаваемых каждым гидроцилиндром на нажимные ролики. В результате расширяются функциональные возможности фильтр-пресса при отжиме материалов с различными физико-механическими характеристиками.

## Библиографический список

1. *Горячев В.И.* Искусственное обезвоживание торфа: монография / В.И. Горячев. – Тверь: ТвГТУ, 2012. – 184 с.
2. Справочник по торфу. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
3. *Тараторин Л.В.* Механическое обезвоживание верхового слаборазложившегося торфа в ленточно-роликовом прессе непрерывного действия // Сб. тезисов докладов молодых специалистов ВНИИТП на научно-техн. конф. «Изменения физико-механических свойств торфа для комплексного его использования». – Л., 1973. – С. 21–23.
4. Пресс для непрерывного обезвоживания материала. А.С. 578198, МПК В 30 В 9/24, опубл. 30.10.1977, Бюл. № 40.
5. *Башта Т.М.* Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
6. *Абрамов Е.И.* Элементы гидропривода / Е.И. Абрамов, К.А. Колесниченко, В.Т. Маслов. – Киев: Техника, 1969. – 320 с.

УДК 622.331+622.641

### **Михеев И.И.**

Михеев Игорь Иванович, доцент кафедры инженерной графики Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). mikheev1937@yandex.ru

### **Горячев В.И.**

Горячев Валентин Иванович, профессор кафедры инженерной графики ТвГТУ.

### **Щербакова Д.М.**

Щербакова Дарья Михайловна, ассистент кафедры ГТиГП ТвГТУ.

### **Mikheyev I.I.**

Mikheyev Igor I, Associate Prof. of the Chair of Engineering Graphics of the Tver State Technical University.

### **Goryachyov V.I.**

Goryachyov Valentin I, Prof. of the Chair of Engineering Graphics of the Tver State Technical University.

### **Scherbakova D.M.**

Scherbakova Darya M., Assistant of the Chair of Geotechnology of the Tver State Technical University.

## **ЛЕНТОЧНЫЙ ФИЛЬТР-ПРЕСС НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С РЕГУЛИРУЕМЫМ УГЛОМ МЕЖДУ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫМИ ПОЛОТНАМИ**

*Аннотация.* Предложена конструкция ленточного фильтр-пресса непрерывного действия, у которого угол между фильтровальными полотнами может регулироваться путем вращения верхнего фильтровального полотна вокруг оси приводного вала. Оптимальный угол соответствует физико-механическим характеристикам конкретного отжимаемого материала, позволяя получать необходимую его влажность, что повышает качество конечного продукта.

*Ключевые слова:* фильтр-пресс, регулируемый угол между фильтровальными полотнами.

## **TAPE FILTER PRESS OF THE CONTINUOUS ACTION WITH THE ADJUSTABLE CORNER BETWEEN FILTERING CLOTHS**

*Annotation.* The design of a tape filter press of the continuous action is offered with adjustment of the corner between filtering cloths by rotation of the top filtering cloth around an axis of a driving shaft. The optimum corner corresponds to physicommechanical characteristics of the wrung-out material, allowing receiving its necessary humidity that increases quality of the final products.

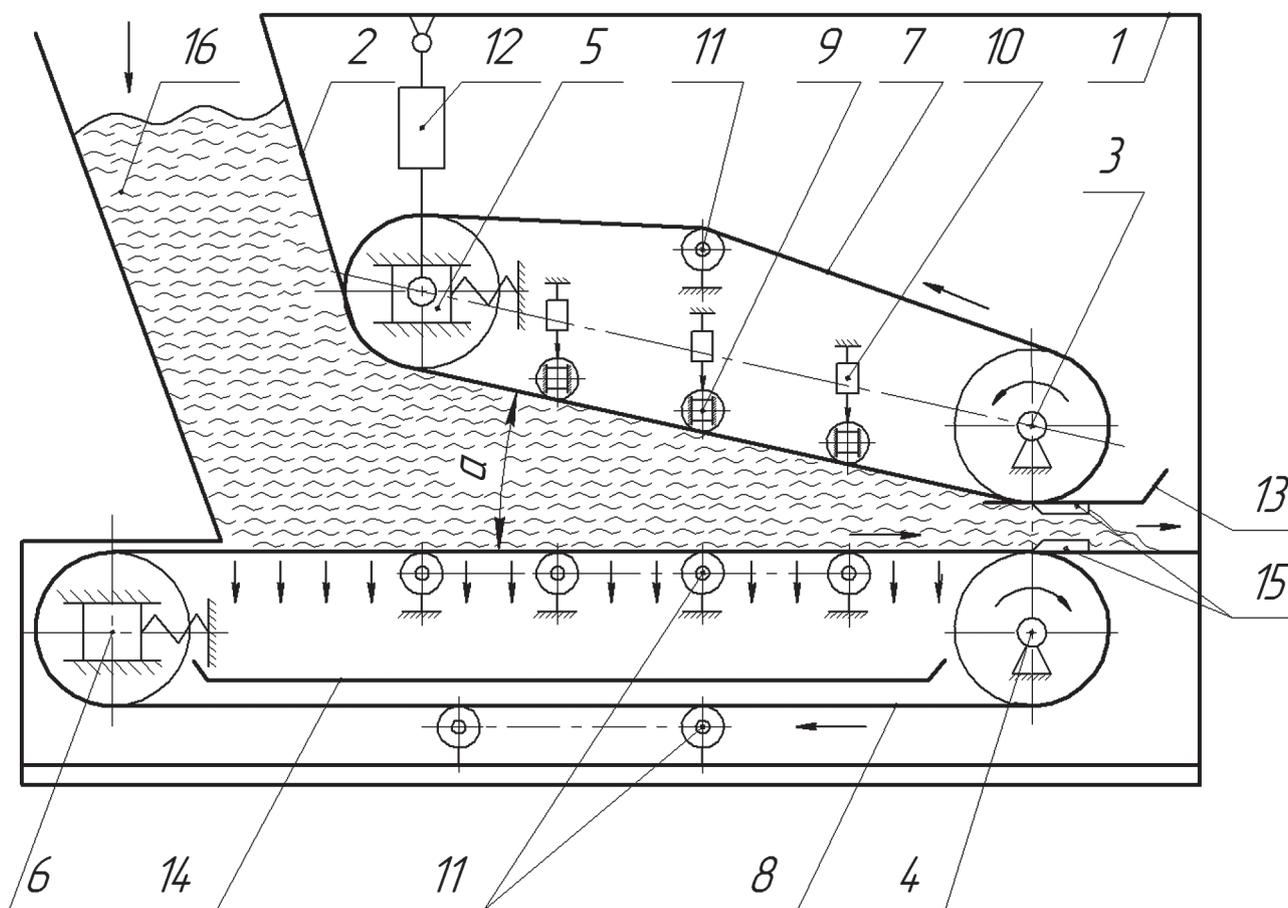
*Key words:* filter press, adjustable corner between filtering cloths.

Одной из специфических особенностей торфа является его способность удерживать большое количество влаги. При этом для получения продукции из торфа в производственных условиях необходимо его обезвоживание с удалением основной массы воды механическим отжатием с последующей досушкой. Для отжатия воды из торфа в настоящее время применяются различные машины непрерывного действия, в том числе ленточно-роликовые прессы непрерывного действия [1–4]. Все прессы работают по принципу отжатия воды из движущегося торфа-сырца в клиновом пространстве между двумя фильтровальными полотнами. При этом вначале происходит уплотнение торфа, характеризующееся удалением воздуха и некоторого количества воды, затем происходит интенсивное обезвоживание торфа, сопровождаемое удалением основного количества воды [5]. Следует отметить, что поскольку оптимальный угол между фильтровальными полотнами зависит от физико-механических характери-

стик отжимаемого материала, рекомендуется определять его опытным путем для соответствующей партии торфа-сырца или разрабатываемого месторождения [1]. Однако в существующих фильтр-прессах [1–3] фильтровальные полотна установлены стационарно без возможности регулирования угла между ними, что снижает качество отжима.

Предложена конструкция ленточного фильтр-пресса непрерывного действия с регулируемым углом  $\alpha$  между фильтровальными полотнами (рис.) с целью установки оптимального угла, соответствующего физико-механическим характеристикам отжимаемого материала.

Ленточный фильтр-пресс непрерывного действия (рис.) состоит из рамы 1 с загрузочным бункером 2. На раме 1 установлены приводные валы верхний 3 и нижний 4 (привод условно не показан), а также натяжные валы 5 и 6, на которых установлены фильтровальные полотна – верхнее 7 и нижнее 8. При этом верхнее фильтровальное полотно установлено под



**Рис.** Ленточно-роликовый фильтр-пресс непрерывного действия с регулируемым углом  $\alpha$  между фильтровальными полотнами

**Fig.** Tape and roller filter press of continuous action with an adjustable corner  $\alpha$  between filtering cloths

углом  $\alpha$  к нижнему фильтровальному полотну и имеет возможность вращения вверх-вниз относительно оси приводного вала 3.

Над натяжным валом 5 на раме 1 установлен гидроцилиндр 12, шток которого шарнирно соединен с осью натяжного вала 5, что позволяет устанавливать оптимальный угол  $\alpha$  между фильтровальными полотнами для конкретного отжимаемого материала.

На раме 1 установлены также нажимные и опорные ролики 9, 11 и гидроцилиндры 10, которые передают усилие отжима через нажимные ролики на верхнее фильтровальное полотно.

Для удаления отжатой воды с верхнего фильтровального полотна 7 установлен поддон 13, а с нижнего фильтровального полотна 8 установлен поддон 14. На приводных валах 3 и 4 установлены счищающие ножи 15. Внутреннее пространство фильтр-пресса заполнено отжимаемым материалом 16.

Работа фильтр-пресса происходит следующим образом. Сначала в зависимости от физико-механических характеристик отжимаемого материала гидроцилиндром 12 устанавливают необходимый угол  $\alpha$  наклона верхнего фильтрующего полотна 7 к нижнему 8. Затем в бункер 2 загружают фильтруемый материал 16, после чего включают в работу приводные валы 3 и 4. Поступающий материал 16 непрерывно поступает в зону отжима, откуда отфильтрованная вода с верхнего фильтровального полотна 7 стекает в поддон 13, а с нижнего фильтровального полотна 8 стекает в поддон 14, после чего отводится в канализацию.

Отжатый материал 16 после фильтрации счищается с поверхности фильтровальных

полотен 7 и 8 ножами 15, после чего поступает на дальнейшую переработку.

### Выводы

1. Предложена конструкция ленточного фильтр-пресса непрерывного действия, у которого угол между фильтровальными полотнами может регулироваться путем вращения верхнего фильтровального полотна вокруг оси приводного вала.
2. Оптимальный угол между верхним и нижним фильтровальными полотнами, соответствующий физико-механическим характеристикам конкретного отжимаемого материала, позволяет получать необходимую его влажность, что повышает качество конечного продукта.

### Библиографический список

1. *Горячев В.И.* Искусственное обезвоживание торфа: монография / В.И. Горячев. – Тверь: ТвГТУ, 2012. – 184 с.
2. Справочник по торфу. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
3. *Тараторин Л.В.* Механическое обезвоживание верхового слаборазложившегося торфа в ленточно-роликовом прессе непрерывного действия // Сб. тезисов докладов молодых специалистов ВНИИТП на научно-техн. конф. «Изменения физико-механических свойств торфа для комплексного его использования». – Л., 1973. – С. 21–23.
4. Пресс для непрерывного обезвоживания материала. А.С. 578198, МПК В 30 В 9/24, опубл. 30.10.1977, Бюл. № 40.
5. *Сарматов М.И.* Оборудование заводов механической переработки торфа / М.И. Сарматов. – М.: Госэнергоиздат, 1948. – 384 с.

УДК 622.331:658.7

## Васильев А.Н.

Васильев Алексей Николаевич, д. т. н., профессор кафедры механизации природообустройства и ремонта машин Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. [vasilev\\_1942@bk.ru](mailto:vasilev_1942@bk.ru)

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИИ

*Аннотация.* Взаимодействия между рабочими органами машин и слоем фрезерного торфа состоят в простых (независимых) технологических, сложных (зависимых) технологических и инверсионных взаимодействиях. Других взаимодействий между инвариантными операциями технологического процесса производства фрезерного торфа не существует. Приведена экспертная оценка предпочтительности (значимости) технологических схем производства фрезерного торфа.

*Ключевые слова:* простые, сложные, инверсионные взаимодействия, машина, рабочий орган, технология.

## Vasiliev A.N.

Vasiliev Aleksei N., Dr. Sci. Tech., Professor of the Chair of Mechanization of Environmental Engineering and Repair of Machines of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12.

# INTERACTION OF MACHINES WORKING UNITS WHEN PERFORMING OPERATION

*Annotation.* Interactions between working units of machines and layer of milled-peat consist in simple (independent) technological, complex (dependent) technological and inversion interactions. There are no other interactions between the invariant operations of the milled-peat production process. The expert assessment of preference (importance) of technological schemes of production of milled-peat is given.

*Key words:* simple, complex, inversion interactions, machine, working unit, technology.

**А**нализ элементов различных технологий разработки торфяных месторождений показывает, что объективной устойчивостью обладают элементы (операции) технологического процесса. Именно они переходят из одной технологической схемы в другую и используются при поиске вариантных элементов технологических процессов.

Создание и развитие технологического процесса производства фрезерного торфа связано с формированием операций, через которые раскрывается фундаментальное содержание технологий и которые характеризуются устойчивой традицией. Такими операциями являются: фрезерование, ворошение, рыхление, валкование, уборка, погрузка, вывозка и штабелирование. При работе бункерных уборочных машин с механическим и пневматическим принципом сбора операция уборки включает в себя операции сбора с поверхности торфяной залежи, погрузки и вывозки торфа, выполняемые одновременно.

Точно так же при работе перевалочных машин операция уборки и перевалки включает в себя операции погрузки и вывозки торфа, выполняемые одновременно. Поэтому в разрабатываемой классификационной модели операционной организации технологических процессов разработки торфяных месторождений фрезерным способом понятия «операции погрузки и вывозки» рассматриваются как частный случай, характерный для отдельных технологических схем.

Сущность (назначение) операций остается неизменной, хотя количественные и качественные параметры сушеного слоя и время проведения операций в технологических схемах будут различными. Неизменность сущности операций определяет традиционность самой технологии, несмотря на изменяющиеся типы машин. Эти (элементы) операции являются первичными. Остальные термины операций, используемые в технологических способах разработки торфяных месторождений, являются синонимами или сочетаниями названных операций. Так, разбрасывание торфяной крошки на слой высушенного торфа представляет собой не что иное, как элемент фрезерования торфяной залежи, так как в процессе фрезерования происходит резание и набрасывание торфяной крошки на поверхность залежи.

Остальные операции имеют определенные формы и характеризуются количественными и

качественными параметрами. Так, при изменении глубины фрезерования слоя залежи и последовательности проведения отдельных операций технологического цикла формируется целостная технологическая схема производства фрезерного торфа. Раскрывается воспроизводство всех необходимых условий ведения технологического процесса {последовательная сушка или сушка на всю толщину} для обеспечения заданного качества торфяной продукции и выполнения плановых объемов производства фрезерного торфа в определенные периоды сезона, а также создаются соответствующие условия сушки. Значения этих параметров, количество операций в цикле зависят от качественных характеристик залежи, применяемого оборудования и метеорологических условий сушки.

Динамическая общность названных инвариантных операций технологий разработки торфяных месторождений проявляется в следующих взаимодействиях рабочих органов машин со слоем фрезерного торфа: простых (независимых), сложных (зависимых) и инверсионных.

**Простые (независимые) технологические взаимодействия** между рабочими органами машин и слоем торфяной крошки при выполнении операций характеризуются логическим (последовательным) и независимым развертыванием в пространстве и во времени операций технологического процесса производства фрезерного торфа, выполнение которых не оказывает взаимодействия ни на форму слоя фрезерной крошки, ни на взаимодействие слоев фрезерной крошки.

Пространственное выполнение технологических операций определяется гидротехническими условиями, качественной характеристикой залежи, площадью производственного участка, метеорологическими условиями. Операции формируются и развиваются последовательно или параллельно во времени.

Простые (независимые) технологические взаимодействия реализуются: через комплекты машин, работа которых может быть организована на любой технологической площадке в соответствии с пространственным выполнением (размещением) технологических операций; в одно- или многослойном одноцикловом, однородном по свойствам растиле фрезерной крошки.

**Сложные (зависимые) технологические взаимодействия** характеризуются влиянием

выполняемой операции на форму слоев и динамику сушки торфяной крошки и реализуются в многослойном разнородном по составу растиле. При данных взаимодействиях выполняемые операции технологического цикла образуют связанную структуру многослойного расстила фрезерной крошки.

**Инверсионные взаимодействия** (от латинского *inversion* – переворачивание, обращение) характеризуются такими изменениями форм, свойств и положением слоев фрезерной крошки, когда формируется заданная структура слоя. Заданность структур слоев фрезерной крошки диктуется функционально необходимыми решениями, которые позволяют повысить эффективность технологий, требуют или нетрадиционного использования известной техники, или разработки новой.

Если во втором типе взаимодействий заданность структур технологии происходит за счет перемешивания слоев фрезерной крошки, то в инверсионных взаимодействиях повышение эффективности технологий происходит за счет переворачивания (формирования) слоя крошки при нетрадиционном использовании известной техники или разработанной новой. Создание третьей структуры технологий сопровождается сохранением или изменением конструкций машин.

Требуемые формы операции ворошения, т. е. переворачивания слоя фрезерной крошки на  $180^\circ$ , сохраняются при определенных скоростях выполнения операции.

Создание инверсионной структуры слоев фрезерной крошки при выполнении операции фрезерования сопровождается изменением конструктивного состояния фрезера, то есть добавлением разделителя потоков крошки с различной влажностью.

Естественные формы операции фрезерования сохраняются в том случае, когда сушат торф в тонких слоях с последующим набрасыванием влажного торфа на высушенный слой в предыдущем цикле. Этот тип взаимодействия изменяет динамику процесса сушки торфа, позволяет максимально использовать потенциальные возможности погодных условий сушки и закрывает всю систему взаимодействий, которые могут существовать между рабочими приемами операций и слоем фрезерной крошки.

Создание нетрадиционных структур технологий, основанных на нетрадиционных формах образования при сохранении или изменении

конструкции оборудования, закрывает весь диапазон возможных взаимодействий в технологиях.

Для разработки торфяных месторождений фрезерным способом взаимодействия между рабочими приемами выполняемой операции и слоем фрезерной крошки представлены только тремя указанными выше видами.

Любая технология разработки торфяных месторождений не обходится без взаимодействий между рабочими органами машин и слоем фрезерного торфа: простых (независимых) технологических, сложных технологических (зависимых) и инверсионных взаимодействий. Других взаимодействий между инвариантными операциями технологического процесса производства фрезерного торфа не существует.

Для всех инвариантных операций технологий разработки торфяных месторождений фрезерным способом динамическая сущность проявляется в простых (независимых) технологических, сложных (зависимых) технологических и инверсионных взаимодействиях.

Для оценки значимости, относительной важности, вероятности предпочтений технологических приемов в процессе производства фрезерного торфа применялся метод экспертных оценок. В состав экспертной группы входило 15 человек, в том числе профессора и преподаватели Тверского государственного технического университета, инженерно-технические работники ОАО «Тверьторф» и торфопредприятия «Васильевский Мох». Индивидуальная экспертиза методом попарного сопоставления и обработка мнений экспертов позволили ранжировать технологические приемы в процессе производства фрезерного торфа и определить их значимость

Оценка достоверности экспертной информации выполнялась по приближенной формуле

$$\Delta R > m \sqrt{2 \cdot n},$$

где  $\Delta R$  – размах суммарных рангов, оцененных экспертами по всем способам;  $m$  – количество способов;  $n$  – количество экспертов.

Оценку точнее можно получить по формуле

$$D > (0,22m + 0,5) \cdot \bar{R},$$

где  $D$  – дисперсия суммарных рангов;  $\bar{R}$  – среднее суммарных рангов.

По приведенным критериям мнения экспертов согласуются во всех случаях. Из способов формирования сушеного слоя торфяной крошки первое место экспертами отдано формированию 1,5...2-слойного расстила с предварительным обжатием торфяной крошки с получением укрупненных частиц, второе и третье – расстилу измельченной торфяной залежи на остатки торфа от предыдущего цикла и расстилу сырой крошки из предварительно заготовленного валка на высушенный слой торфяной крошки.

Сушимый слой торфяной крошки, формируемый из предварительно заготовленного валка, распределяется на высушенном слое в предыдущем цикле вследствие подсушки торфа в валке, будет иметь меньшую влажность по сравнению со слоем измельченной торфяной залежи расстилаемого на остатки торфа от предыдущего цикла, что позволит увеличить сезонные сборы торфа.

Из методов интенсификации сушки торфа в технологическом цикле предпочтение отдано сушке в расстиле и досушке на откосах валков, при которых увеличится число технологических циклов за сезон, что приведет к увеличению сезонного сбора.

Второе место эксперты отдали образованию укрупненных (обжатых) частиц торфяной крошки и третье – сушке торфа в расстиле на подсохшем слое от предыдущего цикла.

Из методов перемещения фрезерного торфа с целью транспортирования к месту складирования предпочтение получила последовательная перевалка валков. Уборка торфа перевалочными машинами может быть организована с дополнительной перевалкой валков в зависимости от их сечения.

Результаты обработки мнений экспертов показывают, что новые технологические схемы производства фрезерного торфа ориентированы на уборку торфа из многоциклового, многослойных валков, то есть когда в процессе валкования первоначально в валок собирают верхний сухой слой расстила, а на него валкуют остаток более влажного торфа в расстиле. Второе место эксперты отдали уборке торфа из многоциклового наращиваемых валков – по принципу отдельного способа уборки фрезерного торфа.

Учитывая, что технологические приемы не зависимы друг от друга, а их комбинация составляет технологическую схему производства фрезерного торфа, можно опре-

делить значимости (предпочтительности) технологических схем как произведение их значимостей, то есть по правилу умножения вероятностей для независимых событий.

Результаты экспертной оценки позволили расположить в убывающем порядке по предпочтительности (значимости) технологические схемы производства фрезерного торфа.

Первая технологическая схема представляет собой формирование 1,5...2-слойного расстила с предварительным обжатием торфяной крошки и получением укрупненных частиц, с последующей сушкой в расстиле и досушкой на откосах валков с образованием многоциклового, многослойных валков (по принципу способа добычи фрезерного торфа с отдельной уборкой) и последовательную перевалку валков торфа в штабель.

Вторая технологическая схема – формирование 1,5...2-слойного расстила с предварительным обжатием торфяной крошки и получением укрупненных частиц, с последующей сушкой в расстиле до уборочной влажности и образованием многоциклового многослойных валков с последовательной перевалкой валков в штабель.

Третья – формирование 1,5...2-слойного расстила с предварительным обжатием торфяной крошки и получением укрупненных частиц, с последующей сушкой в расстиле и досушкой на откосах валков с образованием многоциклового, многослойных валков и послышной уборкой многоциклового валков с боковой поверхности и с поверхности полей сушки.

Технологические схемы с многослойным расстилом торфяной крошки занимают место с девятой позиции. Это технологическая схема с расстилом размельченной торфяной залежи на остатки торфа от предыдущего цикла с последующей сушкой в расстиле и досушкой на откосах валков с образованием многоциклового, многослойных валков и последовательной перевалкой валков торфа в штабель.

Равноценной является и технологическая схема с расстилом сырой крошки из предварительно заготовленного валка на высушенный слой торфяной крошки с последующей сушкой в расстиле и досушкой на откосах валков с образованием многоциклового, многослойных валков и последовательной перевалкой валков торфа в штабель.

Операции технологического цикла могут быть совмещены или выполняться отдельно.

При формировании многослойного валка в первом цикле за один проход валкователя специальным устройством первоначально валкуют верхнюю более сухую часть торфа, а на него насыпают оставшуюся нижнюю более влажную часть расстила фрезерной крошки, которая до валкования следующего цикла высыхает до кондиционной влажности. В следующем цикле на сформированный валок валкуют сначала более сухую, а

затем оставшуюся часть расстила, и таким образом создается многоциклового многослойный валок.

#### **Библиографический список**

1. *Васильев А.Н.* Повышение выработки технологических машин: монография / А.Н. Васильев. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2018. – 196 с.

УДК 622.331:620.9

**Гусева А.М.**

Гусева Анна Михайловна, старший преподаватель кафедры ТМО Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). guseva\_ann@mail.ru

**Заливина Е.А.**

Заливина Елена Александровна, инженер 1-й категории АО «ВНИИСВ», магистрант 3-го года обучения кафедры ТМО ТвГТУ. ele1023@yandex.ru

**Guseva A.M.**

Guseva Anna M., Senior Lecturer of the Department of TMO Tver State Technical University.

**Zalivina E.A.**

Zalivina Elena A., 1st category engineer JSC «VNIISV», undergraduate 3 years of training at the Department of TMO Tver State Technical University.

## **ПРОИЗВОДСТВО ТОРРЕФИЦИРОВАННЫХ ПЕЛЛЕТ НА ОСНОВЕ ТОРФА: ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА**

*Аннотация.* В данной статье даны определения понятиям «биомасса» и «торрефикация». Подробно рассмотрено биотопливо на основе торфа, основные сдерживающие факторы при его использовании и способы устранения этих недостатков. Рассмотрены преимущества использования пеллет по сравнению с необработанной биомассой. Описаны основные проблемы при производстве, хранении и транспортировке пеллет и предложены варианты решения этих проблем. Кратко изложен процесс торрефикации. Рассмотрены перспективы использования торрефицированного биотоплива на основе торфа в энергетике и сельском хозяйстве.

*Ключевые слова:* биотопливо, торрефикация, биомасса, торф, пеллеты.

## **PRODUCTION OF TORREFIED PEAT-BASED PELLETS: FEATURES AND BENEFITS**

*Annotation.* The article deals with definitions of the concepts “biomass” and “torrefication”. The article describes biofuels based on peat, the main constraints in its use and ways to eliminate these factors. The paper discusses the advantages of using pellets compared to untreated biomass, the increasing of their consumer qualities. The article describes the main problems in the production, storage and transportation of pellets, offers solutions to these problems. The process of the torrefication is briefly described in this paper. The prospects of using torrefied biofuel based on peat in energy and agriculture are considered.

*Key words:* biofuel, torrefication, biomass, peat, pellets.

**П**овышение уровня цен на традиционные энергетические носители и ужесточение экологических требований к энергоустановкам обуславливают значительный интерес использования биотоплива. Биотопливо – это возобновляемый энергоресурс, в основе которого – биомасса животного и растительного происхождения. Ежегодный общемировой прирост биомассы в качестве отходов составляет около 220 млрд тонн, а ее энергетический потенциал выше потенциала ископаемого топлива. Кроме того, на сегодняшний день обеспечивается около 14% общемирового энергопотребления за счет биомассы [1].

В понятие «биомасса» входят все виды естественной растительной органики (древесина, торф, листья, водоросли); растительные отходы сельскохозяйственной деятельности (солома, шелуха подсолнечника, ботва, скорлупа орехов); отходы промышленных производств, а именно деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности, целлюлозно-бумажных комбинатов; специально выращенные на энергетических плантациях быстрорастущие растения (тополь, сорго, репс, ива, осина); органическая часть бытовых отходов. Около 50% территории страны покрыто лесами, это приблизительно 24% лесов всей нашей планеты. Россия занимает первое место в мире по объемам торфяных месторождений [2].

Торф – это медленно возобновляемый природный материал растительного происхождения. В отличие от небольших стран, где добывать торф вряд ли целесообразно с точки зрения сохранения экосистемы, добыча торфа в России может быть экологичной, а запасы торфа дают убедительный ответ на вопрос о перспективности этого вида сырья для комплексного развития биоэнергетики.

Главный сдерживающий фактор при использовании торфа в виде топлива – это небольшая теплотворная способность, сезонность добычи и сложность транспортировки даже на небольшие расстояния: у торфа низкая насыпная плотность, он слеживается, крошится и смерзается при низкой температуре воздуха. По этой причине транспортировка торфа на расстояние более 25–30 км экономически невыгодна [3]. Поэтому необходимо повышать калорийность и транспортабельность торфа.

Часть недостатков устраняется за счет гранулирования торфа, в результате чего получают твердые топливные гранулы (пеллеты).

Преимущества пеллет по сравнению с необработанной биомассой:

- сокращение в 2 раза объемов складов благодаря большому насыпному весу;
- горение в топках котлов более эффективное;
- сокращение затрат на транспортировку;
- автоматизация процесса сжигания.

Основной проблемой при хранении и транспортировке пеллет является их гигроскопичность, что требует особых условий хранения и транспортировки [4].

Один из вариантов повышения потребительских свойств пеллет – торрефикация (низкотемпературный пиролиз). Процесс торрефикации заключается в нагреве исходного сырья в инертной газовой (бескислородной) среде до температуры, называемой температурой торрефикации (200–300 °С), и выдержке при этой температуре в течение заданного времени, в результате чего она приобретает необходимые гидрофобные свойства, кроме того увеличивается удельная теплота сгорания.

При нагреве биомассы происходит ее термическое разложение, в результате которого образуются летучие продукты и твердый остаток с повышенным содержанием углерода. Данную технологию считают экологически чистой, поскольку в результате пиролиза получается биогаз для энергетического сжигания, а органическая часть превращается в куски биоугля.

Процесс торрефикации используют как перед гранулированием на стадии подготовки исходного сырья, так и для обработки твердого брикетированного или пеллетированного топлива из биомассы. При торрефикации гранулированного биотоплива необходимо учитывать хрупкость и использовать в качестве реактора устройство с наименьшим количеством подвижных деталей. При торрефикации негранулированного сырья (опилок, щепы, с/х отходов) возникают сложности в процессе гранулирования (необходимо добавлять связующее вещество на стадии прессования торрефицированного биотоплива и в результате происходит значительный износ матриц гранулятора). Поскольку одно из направлений использования торрефицированного биотоплива – совместное сжигание с углем, то в данном случае обязательно последующее гранулирование (для пылеугольных горелок). Поэтому организация процесса торрефикации решается, исходя из конечной цели. Также, выбирая схему про-

цесса, необходимо учитывать производственные мощности и существующее оборудование. Например, если на предприятии существует котел или другой источник тепла, который частично можно использовать для организации процесса торрефикации, то вполне логично выбрать схему с использованием продуктов сгорания в виде инертного теплоносителя (или масла / воды в случае, когда нагрев производится через стенку).

При прямом нагреве сырья теплоносителем могут быть вторичные энергоресурсы, такие как продукты сгорания, которые образуются при сжигании в специальных горелках органического топлива. В настоящее время предложены несколько когенерационных схем, в которых совместно с торрефицированным биотопливом производится тепло и электроэнергия. Эксплуатационная эффективность этих установок значительно возрастает благодаря использованию части избыточного тепла в производстве новой товарной продукции – торрефицированных пеллет.

Торрефицированные пеллеты имеют высокую энергопроизводительность (около 6 мВт·час/т), им не требуется особое обращение и их можно хранить прямо на улице. Значительно меньше затраты на транспортировку и перевалку, чем с другими видами биотоплива, при этом производство биоугля становится рентабельным на значительном расстоянии от конечных потребителей.

Благодаря внедрению технологии торрефикации можно получать топливные пеллеты из биомассы с улучшенными теплотехническими характеристиками, а их использование в энергетических целях будет способствовать сокращению потребления традиционных ископаемых топлив.

Еще одним направлением использования торрефицированного биотоплива является сельское хозяйство, в качестве средства улучшения качества почвы. Биоуголь способствует накоплению питательных веществ в почве, что очень важно в условиях истощения земель, а также благоприятно влияет на состав, активность и численность микроорганизмов в почве,

которые отвечают за плодородие и урожайность. Он способен удерживать углерод в почве, что способствует снижению содержания углекислого газа в атмосфере, и, соответственно, ведет к уменьшению на планете парникового эффекта. Также биоуголь способствует сохранению в почвах влаги в условиях засухи. Он не только имеет потенциал для открытия новых прибыльных рынков в сфере промышленности и сельского хозяйства, но и предоставляет широкие возможности для сохранения почв и климата планеты [5].

### Библиографический список

1. Гусева А.М., Заливина Е.А., Амбарцумян А.С. Мини-ТЭЦ на торфяном биотопливе // В сб.: Опыт прошлого – взгляд в будущее. 5-я Межд. научно-практ. конф. молодых ученых и студентов: материалы конференции / Под общ. ред. Р.А. Ковалева. – 2015. – С. 477–479.
2. Гусева А.М., Заливина Е.А. Энергосбережение и энергоэффективность // 12-я Межд. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». – 2016. – С. 187–190.
3. Зюзин Б.Ф., Жигульская А.И., Гусева А.М. и др. Экологический потенциал торфяной промышленности // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. Сб. научных трудов II Межд. научно-практ. конф. с научной школой для молодежи. Тверской гос. техн. ун-т. – 2016. – С. 138–139.
4. Зюзин Б.Ф., Разаев Д.Д., Жигульская А.И., Яконовская Т.Б. Оборудование и технологии для производства биотоплива на основе сырьевых ресурсов торфяных месторождений (биоэнергетический кластер). – 2015. – Ч. 2. – 245 с.
5. Разумов Е.Ю., Назипова Ф.В. Биоуголь: современное представление // Деревообрабатывающая промышленность. – 2014. – № 4. – С. 56–58.

УДК 662.331(09)

### **Копенкина Л.В.**

Копенкина Любовь Владимировна, к. т. н., доцент кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Академическая, 12. lvkopenkina@mail.ru.

### **Kopenkina L.V.**

Kopenkina Lubov V., Dr., Associate Prof. of the Chair of Peat Machinery and Equipment of the Tver State Technical University.

## **И.Г. БЛОХ (1888–1958) – ПРОФЕССОР И УЧЕНЫЙ В ОБЛАСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ТОРФЯНЫХ МАШИН (к 130-летию со дня рождения)**

*Аннотация.* Статья посвящена специалисту в области конструирования и расчета торфяных машин, заведующему кафедрой торфяной механики Московского торфяного института, члену-корреспонденту Национальной Академии наук Беларуси Исидору Григорьевичу Блоху.

*Ключевые слова:* история торфяной промышленности, Московский торфяной институт, торфяная механика, торфяные машины, Блох Исидор Григорьевич.

## **I.G. BLOH (1888–1958) – THE PROFESSOR AND SCIENTIST IN THE FIELD OF DESIGN AND CALCULATION OF PEAT MACHINES (to the 130 anniversary since birth)**

*Annotation.* Article is devoted to the specialist in the field of design and calculation of peat machines, Head of the Chair of Peat Mechanics of the Moscow Peat Institute, corresponding member of the National Belarus Academy Isidor Grigoryevich Bloh.

*Key words:* history of the peat industry, Moscow Peat Institute, peat mechanics, peat machines, Bloh Isidor Grigoryevich.

**В** 2018 году исполняется 130 лет со дня рождения Исидора Григорьевича Блоха (рис. 1) – профессора, заведующего кафедрой торфяной механики Московского торфяного института, члена-корреспондента Академии наук Беларуси, одного из создателей ряда машин для подготовки и разработки торфяных месторождений, внедренных в промышленность.



*Рис. 1.* И.Г. Блох

*Fig. 1.* I.G. Bloh

И.Г. Блох родился 30 сентября 1888 года в г. Варшаве в семье ремесленника-часовщика.

В 1907 году он поступил на механическое отделение Московского высшего технического училища, которое окончил с отличием в 1916 году со званием инженер-механик.

В период 1916–1926 гг. Блох работал в механических мастерских, проектировал и монтировал лесопильные и деревообделочные мастерские, водоснабжение и освещение поселков, занимался проектированием, строительством и монтажом оборудования железнодорожных депо и мастерских с установкой двигателей, станков, погрузочно-транспортного оборудования, конструированием приспособлений для обработки деталей на станках.

В 1916–1917 гг. он был заведующим специальными работами Белевской уездной управы, в 1917–1920 г. работал на железнодорожной линии Узловая–Венев, в 1920–1924 гг. – станции Ярцево, в 1924–1925 гг. в конструкторском бюро Главпрофобра, в 1925–1926 гг. – в Московском управлении недвижимого имущества и жилищно-строительного комитета Моссовета.

С 1926 года Блох работал старшим научным сотрудником сектора механизации Инсторфа, где выполнил ряд проектов производственных и экспериментальных торфяных машин. Первой его работой была реконструкция элеваторной установки, применявшейся на добыче торфа. Блох занимался разработкой корчевального устройства и транспортера, их испытанием на опытной станции. Эти работы привели к созданию усовершенствованной элеваторной установки системы Инсторфа (1928–1929), что позволило увеличить производительность добычи торфа.

В конструкторской технической конторе «Торфострой» Блох работал консультантом и заместителем заведующего, проектировал и испытывал оборудование для нового способа добычи торфа – малый гидроторф, или гидроэлеваторный способ добычи.

С 1930 года он руководил конструкторской группой сектора механизации Инсторфа, охватывая все вопросы механизации торфяной промышленности. В основном с этого времени Блох занимался конструированием и экспериментированием машин для подготовки торфяных залежей – области работ до этого не механизированных и чрезвычайно трудоемких.

Конструкторская работа Блоха начиналась с изучения отечественной и зарубежной техники смежных областей промышленности, которую можно было применить в торфяной промышленности.

В результате экспериментирования и применения существующих машин – экскаваторов, корчевальных машин, кротового дренажа, им был внедрен фрезер для полировки торфяных полей, маятниковая пила, размещенная на тракторе СТЗ 15/30. С помощью маятниковой пилы, имеющей качение в различных плоскостях, механизировалась разделка пней.

Была разработана канавная машина с раздельным фрезерованием и черпанием, в основу был положен ряд новых принципов, которые нуждались в проверке.

В 1929 году он был принят ассистентом на кафедру торфяной механики торфяного факультета Московской горной академии.

В 1931 году И.Г. Блох возглавил кафедру торфяных машин Московского торфяного института (рис. 2), одновременно работая на кафедре торфяных машин Белорусского торфяного (политехнического) института. Ввиду большой загруженности в вузах Блох отказался от руководства конструкторской группой, но



Рис. 2. Второй выпуск инженеров-механиков МТИ (1932). И.Г. Блох – третий слева в верхнем ряду

Fig. 2. The second edition of mechanical engineers of MPI (1932). I.G. Bloh is the third from the top left

продолжал работать консультантом сектора механизации Инсторфа.

И.Г. Блох создал дисциплину «торфяные машины», в которую входили разделы: машины для подготовки торфяных залежей, элеваторные, гидроэлеваторные установки, машины для сушки торфа, багерные установки, машины для фрезерной добычи, погрузочно-транспортные машины.

В Московском торфяном институте им была организована оригинальная лаборатория торфяных машин, предназначенная не только для учебных, но и для научно-экспериментальных целей, необходимых для промышленности и научно-исследовательских институтов.

В 1932–1935 годах им было спроектировано семь оригинальных лабораторных установок, которые при их компактности позволяли экспериментировать в самых разнообразных условиях и обобщать данные. Это были:

- пневматическая установка для изучения транспорта фрезерного торфа (совместно с С.Г. Солоповым);

- пресс для изучения переработки торфа в реальных условиях;
- аппарат для изучения работы стальных тросов транспортера;
- фрезерная установка для изучения работы фрезера на беспнистой и пнистой торфяных залежах с выбором различных фрез;
- установка для изучения работы щетки для уборки торфа из расстила;
- установка для изучения работы торфяных шнеков;
- установка для изучения работы гребков элеватора на торфе.

Благодаря его успешному руководству кафедра торфяной механики получила всестороннее развитие.

В 1935–1936 гг. Блох работал над механизацией корчевки, внутризаводского транспорта кускового торфа и штабелирования фрезерного торфа, кроме того была разработана оригинальная измерительная аппаратура.

Под руководством И.Г. Блоха студенты выполняли проекты, представляющие интерес

для торфяной промышленности. Например, в 1934 году дипломные проекты «Уборочная машина на тракторе ЧТЗ-60», «Корчевальная лебедка на тракторе СТЗ-15/30», «Канавная машина для беспнистых залежей», «Погрузочная машина на тракторе СТЗ-15/30», «Уборочная машина для фрезторфа» были рекомендованы квалификационной комиссией по выпуску инженеров-механиков к внедрению в промышленность.

В 1935 году И.Г. Блох присуждена степень кандидата технических наук без публичной защиты диссертации.

С 1936 года Блох работал консультантом по механизации добычи и использования торфа в сельском хозяйстве на Центральной торфяной опытной станции Наркомзема РСФСР (ЦТОС).

В 1939–1940 годах при кафедре торфяной механики И.Г. Блох создал конструкторское бюро.

С организацией Всесоюзного института механизации торфяной промышленности (ВИМТ), а затем Всесоюзного научно-исследовательского института торфяной промышленности (ВНИИТП) Блох стал членом его Научно-технического совета, а затем членом Технического совета Министерства электростанции СССР.

В 1940 году Блоху было присвоено звание профессора.

И.Г. Блох (рис. 3) работал заместителем директора Московского торфяного института по учебной и научной работе (1941–1945), исполнял обязанности директора, когда институт был эвакуирован в г. Свердловск (1941–1943).

Переходя на работу заместителем директора Московского торфяного института по учебной и научной работе по просьбе руководства, И.Г. Блох ставил условие, что он остается руководить конструкторским бюро кафедры торфяной механики, поскольку научно-исследовательская тематика кафедры связана с внедрением торфяных машин.

В 1945–1946 годах в лаборатории торфяных машин И.Г. Блох совместно с Л.Л. Горинштейном и Н.А. Павловым установил двухкомпонентный динамограф; была создана пневмоцилочная лабораторная установка (соавторы – Б.Н. Озеров, А.А. Симонян).

В 1949 году в соответствии с Постановлением Совета Министров Союза ССР в Московском торфяном институте И.Г. Блохом были организованы научно-исследовательские и конструкторские работы для механизации торфяных предприятий малой и средней мощности.



**Рис. 3.** И.Г. Блох на заседании ГЭК МТИ (1944)

**Fig. 3.** I.G. Bloh is at the meeting of SEC MPI (1944)

В 1950–1952 годах были испытаны в производственных условиях следующие машины, разработанные И.Г. Блохом:

- машины для экскавации пнистой залежи (соавторы М.С. Бирюков, Е.Я. Иванов);
- пневмостилочная машина (соавтор – Б.Н. Озеров);
- уборочная машина для уборки и ближнего транспорта и окараивания кускового торфа (соавторы – Д.П. Бессмертный, Н.А. Минин, В.В. Бересневич).

Также И.Г. Блох работал научным сотрудником Института торфа Академии наук БССР был в 1940–1941-м и 1944–1955 годах. Член-корреспондент Академии наук БССР (1940), руководитель сектора механизации Института торфа АН БССР.

И.Г. Блох – автор ряда авторских свидетельств в области механизации торфяного производства:

- корчевальная машина (1936);
- рабочий аппарат для экскавации пнистой торфяной залежи (1943);
- мундштук торфяного пресса (1950, соавтор – Б.Н. Озеров);
- аппарат для формования и выстилки торфа-сырца на поле сушки (1950, соавтор – Б.Н. Озеров);
- устройство для разрезания торфяной ленты формирующей машины (1950, соавтор – Б.Н. Озеров);
- машина для уборки кускового торфа (1953, соавторы – Д.П. Бессмертный, Н.А. Минин, А.И. Борисов, В.В. Бересневич).

И.Г. Блох подготовил более 10 кандидатов наук, среди них – Н.А. Наседкин, А.М. Григорьев, Н.С. Костюк, В.В. Садовничий, М.В. Мурашов, Л.Л. Горинштейн, А.Н. Павлов, И.П. Абхази и другие.

Он является автором свыше 30 научных работ и учебных пособий, среди которых «Торфяные машины, их теория и расчет» (1939), «Руководство к работам в лаборатории торфяных машин» (1947, соавторы – М.В. Мурашов, Л.Л. Горинштейн).

И.Г. Блох был награжден орденами Ленина, «Знак Почета», медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне (1941–1945)», «В память 800-летия Москвы», Знаком Наркомата электростанций СССР «Отличник социалистического соревнования» (1944).

Исидор Григорьевич Блох умер 10 марта 1958 года.

И.Г. Блох пользовался большим уважением среди профессорско-преподавательского состава Московского торфяного института, обладал высоким лекторским мастерством и авторитетом среди работников торфяной промышленности.

#### Библиографический список

1. *Блох И.Г.* Торфяные машины, их теория и расчет. Часть 1. Ходовые устройства торфяных машин / И.Г. Блох. – М.: Московский торфяной институт, 1939. – 106 с.
2. *Блох И.Г.* Некоторые вопросы теории и расчета устройств, использующих цепь в качестве тягового органа / И.Г. Блох // Сборник научно-исследовательских работ. Вып. 28. – Минск: Белорусский государственный политехнический институт, 1939. – 34 с.
3. *Блох И.Г.* К вопросу об определении удельного давления колесных машин (на торфяной грунт) / И.Г. Блох // Торфяная промышленность. – 1944. – № 4. – С. 13–14.
4. *Блох И.Г.* Определение удельного давления колесных машин на торфяной залежи / И.Г. Блох // Торфяная промышленность. – 1946. – № 4. – С. 22–24.
5. *Блох И.Г.* Руководство к работам в лаборатории торфяных машин / И.Г. Блох, М.В. Мурашов, Л.Л. Горинштейн. – М.: Московский торфяной институт, 1947. – 64 с.
6. *Блох И.Г.* Пути механизации добычи мелкокускового торфа / И.Г. Блох // В сб.: Торф в народном хозяйстве Белорусской ССР. – Минск, 1948. – С. 60–67.
7. *Блох И.Г.* Добыча торфа на пнистых торфяных залежах / И.Г. Блох, М.С. Бирюков, Е.Я. Иванов // Торфяная промышленность. – 1955. – № 3. – С. 11–13.
8. *Блох И.Г.* Механизация разработки пнистых залежей при экскаваторном (машиноформовочном) способе добычи торфа / И.Г. Блох, М.С. Бирюков, Е.Я. Иванов // Труды Московского торфяного института. – 1956. – Вып. 4. – С. 70–85.
9. *Блох И.Г.* Механизация уборки экскаваторного торфа на неэлектрифицированных предприятиях / И.Г. Блох, Д.П. Бессмертный // Труды Московского торфяного института. – 1956. – Вып. 4. – С. 130–155.