

На правах рукописи

Утенкова Татьяна Геннадьевна



**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ОБОРУДОВАНИЯ ПО ОБЕЗВОЖИВАНИЮ
САПРОПЕЛЯ ПРИ ЕГО ДОБЫЧЕ**

Специальность 2.8.8. Геотехнология, горные машины

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2023

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Иванов Сергей Леонидович

Официальные оппоненты:

Шишлянников Дмитрий Игоревич

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Горная электромеханика», профессор;

Епифанцев Кирилл Валерьевич

кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра «Метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности», доцент.

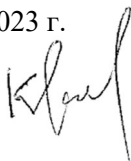
Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.

Защита диссертации состоится **29 сентября 2023 г. в 15:30** на заседании диссертационного совета ГУ.2 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д.2, **аудитория № 1163.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 28 июля 2023 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



КОВАЛЬСКИЙ
Евгений Ростиславович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Сапропель представляет собой ценный природный ресурс органогенного происхождения. Общие запасы сапропелей в Российской Федерации оцениваются в 200 млрд м³. Сапропель, представляя собой отложения водоемов суши, состоящие, в основном, из органических веществ и остатков водных микроорганизмов, а также минеральных веществ, широко применяется в различных областях производства продукции для сельского хозяйства, медицины, фармацевтической промышленности. Однако добыча и переработка сапропеля осложнены его высокой гидрофильностью и влагоемкостью и, соответственно, технологическими трудностями их обезвоживания и доведения до кондиционной влажности.

Большинство известных технологий обезвоживания экскавированного сапропеля основаны на механизмах отстаивания и фильтрации, которые малоэффективны, а сушка на полях занимает длительное время, требует значительных площадей, имеет жесткую зависимость от метеорологических условий. Кроме того, сушка обусловлена затратами на перекачку и требует специальные средства механизации для сбора сапропеля.

Современные системы внутрикарьерной переработки и конвейерного транспортирования (IPCC) добываемого нерудного сырья позволяют повысить эффективность процессов механического обезвоживания, сократить транспортные расходы. Поэтому задача разработки технологий внутрикарьерного обезвоживания добываемого сапропеля с применением специализированного оборудования для его обезвоживания является актуальной.

Степень проработанности исследуемого направления.

Изучением процессов обезвоживания органогенных материалов занимались ученые Аджиенко В.Е., Афанасьев А.Е., Бабенко С.А. Богатов Б.М., Березовский Н.И., Бокуцова К.П., Дементьев В.А., Игнатенков В.Г., Курзо Б.В., Михайлов А.В., Николаева Л.А., Рыжих А.Б., Семенова З.В., Тарасов Ю.Д., Хименков И.А., Шестопапов И.С., Штин С.М., Kloeskner H.D.

Ими были рассмотрены вопросы механического обезвоживания органогенных материалов, в том числе и сапропеля, предложены элементы технологий и средства механизации. Несмотря на значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по указанной тематике, отсутствуют способы и технические решения, обеспечивающие непосредственное механическое обезвоживание сапропеля в условиях карьера, исключающие значительную долю транспортных расходов. Таким образом, для разработки оборудования по механическому обезвоживанию сапропеля в условиях карьера и обоснования диапазонов его функционирования необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Объектом исследования является процесс механического обезвоживания сапропеля.

Предмет исследования – исполнительный орган оборудования по механическому обезвоживанию сапропеля.

Целью исследования является обоснование параметров и режимов работы оборудования в технологическом процессе механического обезвоживания сапропеля, добываемого методом гидромеханизации, для создания нового научно-обоснованного технического решения

внутрикарьерного модуля механического обезвоживания сапропеля.

Идея работы заключается в использовании пористого влагопоглощающего материала в качестве покрытия обезвоживающих барабанов, который позволяет создать перепад давлений, достаточный для стадийного удаления влаги из сапропеля и доведения его до кондиционной влажности.

Для реализации поставленной цели в диссертации были решены следующие **задачи**:

1. Провести анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертационной работы и обосновать эксплуатационные требования, предъявляемые к разрабатываемому оборудованию механического обезвоживания сапропеля в условиях карьера.

2. Обосновать метод механического обезвоживания сапропелевой пульпы, основанный на механизме капиллярного поднятия влаги в слое пористого материала при его ротационном контакте со слоем сапропеля.

3. Провести экспериментальные исследования в лабораторных условиях по выявлению зависимости остаточного влагосодержания сапропеля от времени его контакта с пористым влагопоглощающим материалом.

4. Обосновать структуру модуля механического обезвоживания сапропеля, режимы функционирования и выполнить синтез его рабочего органа.

5. Разработать практические рекомендации по использованию предложенного метода и оборудования механического обезвоживания сапропеля в условиях карьера.

Научная новизна работы:

1. Обоснована структура внутрикарьерного модуля механического обезвоживания сапропеля непрерывного

действия, включающая загрузочно-распределительное устройство, ленточный конвейер и ряд последовательно установленных обезвоживающих барабанов, совместно обеспечивающих непрерывность процесса поэтапного снижения влагосодержания сапропеля.

2. Установлена зависимость изменения влагосодержания сапропеля в тонком слое от времени его контакта с поверхностью обезвоживающих барабанов, позволяющая выбрать рациональные режимы работы оборудования.

Теоретическая и практическая значимость:

1. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования служат основой для создания оборудования по механическому обезвоживанию сапропеля.

2. Обосновано применение микрофибры в качестве покрытия обезвоживающих барабанов оборудования механического обезвоживания сапропеля.

3. Разработана принципиальная схема и комплекс критериев для оборудования по обезвоживанию сапропеля заданной влажности в условиях карьера.

4. Техническое решение оборудования механического обезвоживания защищено патентом Российской Федерации.

5. Разработаны практические рекомендации по использованию внутрикарьерного оборудования механического обезвоживания сапропеля.

Получен акт о внедрении результатов диссертации в ООО «Эковит», утвержденный генеральным директором Большаковым В.Ю. 05.08.2022 г.

Методология и методы исследований.

При решении поставленных задач используется комплексный подход, включающий научный анализ,

обобщение и обработку результатов ранее опубликованных теоретических и экспериментальных исследований в области обезвоживания сапропелей и других органогенных материалов, проведение экспериментальных исследований по выявлению зависимостей изменения влагосодержания сапропеля от времени его контакта с обезвоживающими барабанами, покрытыми слоем пористого влагопоглощающего материала, для обоснования выбора способа обезвоживания, структуры модуля механического обезвоживания сапропеля и режимов его функционирования.

Содержание диссертации **соответствует паспорту научной специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины** по п. 14 «Критерии и технологические требования при создании новых и совершенствования применяемых горных машин с учетом особенностей условий их эксплуатации при разработке месторождений твердых полезных ископаемых».

На защиту выносятся следующие положения:

1. Установленная в результате исследования зависимость коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля от времени контакта обезвоживающих барабанов, покрытых микрофиброй, со слоем сапропеля, описываемая логарифмической функцией, позволила определить оптимальные режимы процесса обезвоживания, при которых за время контакта до 2 с влагосодержание сапропеля снижается на 90% (с 19 до 1,9 кг/кг).

2. Установленная в результате исследования зависимость параметров процесса обезвоживания сапропеля от скорости движения ленты и количества обезвоживающих барабанов, покрытых микрофиброй, позволили определить оптимальные параметры конструкции установки для обезвоживания, при которых кондиционная влажность

сапропеля 65% достигается при скорости движения ленты – 0,28 м/с и использовании 7 обезвоживающих барабанов.

Степень достоверности результатов работы. Достоверность научных положений, выводов и заключений подтверждается тем, что теория построена на известных, проверенных данных, фактах, согласуется с опубликованными экспериментальными данными, использованием современных методик сбора и обработки исходной информации, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация результатов. Основные положения, выводы и заключения работы докладывались на Всероссийской (национальной) научной конференции «Фундаментальные и прикладные исследования. Актуальные проблемы и достижения», Санкт-Петербург, 11 декабря 2020 г.; Научной конференции студентов и молодых ученых «Полезные ископаемые России и их освоение», Санкт-Петербург, 09-26 марта 2021 г.; XIX Всероссийском конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования», Санкт-Петербург, 12-16 апреля 2021 г.; VIII Международной научно-практической конференции «IPDME-2021», Санкт-Петербург, 13-15 апреля 2021 г.; 79-ой Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования», Магнитогорск, 19-23 апреля 2021 г.; Международном форуме-конкурсе молодых ученых, Санкт-Петербургский Горный Университет, 16-20 мая 2022 г.; Научной конференции студентов и молодых ученых «Полезные ископаемые России и их освоение», Санкт-Петербург, 21 апреля 2022 г.

Личный вклад автора состоит во включенном участии на всех этапах процесса, непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах,

личном участии в апробации результатов исследования, разработке экспериментального стенда, выполненных лично обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке публикаций по выполненной работе.

Публикации результатов диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 4-х печатных работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, в том числе в 3-х статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее - перечень ВАК), в 1 статье – в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен патент на изобретение.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 108 наименований и 4 приложений. Диссертация изложена на 114 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 16 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимости исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации представлены сведения о месторождениях озерного сапропеля, сведения о его составе и свойствах, кратко приведены сведения о предприятиях по добыче сапропеля, дано описание геотехнологии его добычи, выполнен анализ технологий и существующих устройств по механическому обезвоживанию сапропеля.

Во второй главе диссертации рассмотрены теоретические основы механизма поглощения влаги пористыми материалами, классификация пористых тел в зависимости от размера и формы пор, механизмы движения влаги в органогенных материалах, обоснована возможность использования применения современных синтетических материалов для поглощения влаги из сапропеля.

В третьей главе диссертации приведены программа и методика подготовки лабораторного эксперимента, сведения о Савельевском месторождении, описаны технология добычи и технология обезвоживания сапропеля в ООО «ЭКОВИТ» как основной площадки для внедрения результатов диссертационной работы, приведены результаты экспериментальных исследований по определению влажности, гранулометрического состава сапропеля до и после его обезвоживания на специально разработанном лабораторном стенде, кроме того представлены результаты исследований органического состава сапропеля с обоснованием его высокой гидрофильности.

В четвертой главе диссертации приведены материалы по реализации результатов экспериментальных исследований, результаты по разработке метода и оборудования механического обезвоживания сапропеля, принятые к внедрению, выбор и обоснование основных параметров оборудования по механическому обезвоживанию сапропеля.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Установленная в результате исследования зависимость коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля от времени контакта обезвоживающих барабанов, покрытых микрофиброй, со слоем сапропеля, описываемая логарифмической функцией, позволила определить оптимальные режимы процесса обезвоживания, при которых за время контакта до 2 с

влагосодержание сапропеля снижается на 90% (с 19 до 1,9 кг/кг).

Учитывая основные недостатки (размеры пор влагопоглощающего материала, низкая производительность) технологического обеспечения работ по добыче сапропеля, автором был создан инновационный продукт, позволяющий перейти на маломасштабную добычу сапропеля. Основой для создания оборудования по обезвоживанию сапропеля послужили известные машины и комплексы для обезвоживания сапропеля, в которых обезвоживание происходит за счет гигроскопического эффекта пористого материала незамкнутой капиллярной структуры.

Была обоснована структура модуля механического обезвоживания сапропеля (рисунки 1-3).

Оборудование представляет собой конвейерную установку, над верхней ветвью которой установлены обезвоживающие барабаны, количество которых может изменяться.

Подача сапропеля реализована на гибкую резиновую ленту с бортами. Далее сырье равномерно распределяется по всей ширине ленты при помощи мундштука коробчатой формы регулируемого сечения. При движении ленты находящийся на ее поверхности сапрпель в зоне между роликами входит в контакт с обезвоживающими барабанами, покрытыми микрофиброй. Начинается процесс обезвоживания сапропеля. Часть обезвоженного сапропеля прилипает к слою микрофибры, очищается с поверхности обезвоживающих барабанов с помощью скребка (или щетки) и возвращается обратно на ленту, а большая часть обезвоженного сапропеля продолжает движение к следующему обезвоживающему барабану.

Поглощенная микрофиброй обезвоживающих барабанов влага отжимается с помощью перфорированного

отжимной ролика и отводится по наклонному желобу в накопительную емкость для отстаивания, а после отстаивания сбрасывается обратно в водоем.

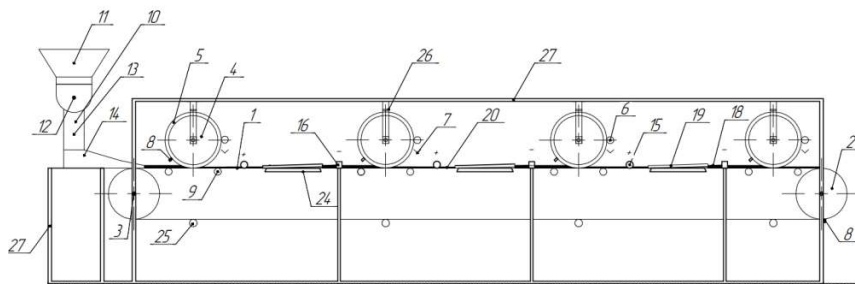


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенда по обезвоживанию сапропеля

1 – гибкая лента с бортами; 2 – приводной барабан; 3 – натяжной барабан; 4 – обезвоживающие барабаны; 5 – слой обезвоживающего материала; 6 – отжимной ролик; 7 – наклонный желоб; 8 – скребок; 9 – ролики; 10 – загрузочный отсек; 11 – дозатор; 12 – шнек; 13 – патрубок; 14 – мундштук; 15 – валик-контакт; 16 – рама; 17 – поворотный токопроводящий кронштейн; 18 – держатели; 19 – ножи-переворачиватели; 20 – слой сапропеля; 21 – прижимающее устройство; 22 – упругий элемент; 23 – демпфер; 24 – опорная плита; 25 – роликоопоры; 26 – направляющие; 27 – несущая рама

В отличие от волокон натуральных тканей, синтетические микроволокна расщеплены на концах (рисунок 4), в результате чего создается капиллярный эффект, за счет которого происходит поглощение влаги.

Цилиндрическая поверхность обезвоживающих барабанов покрыта двумя слоями микрофибры, изготовленной по ГОСТ Р 50962-96. Для внутреннего слоя покрытия барабанов применяли микрофибру плотностью 280 г/м², в

качестве верхнего слоя использовали микрофибру плотностью 220 г/м² (рисунок 5).

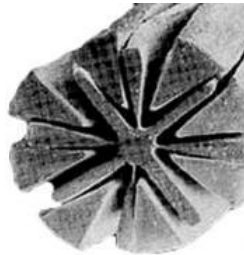


Рисунок 4 - Микроволокно

Внешний слой предотвращает загрязнение внутреннего, вследствие чего увеличивается его влагоемкость.

Методом электронной микроскопии получены фотографии микроволокнистой структуры микрофибры до и после ее использования (рисунки 6 и 7). Наибольшему загрязнению подвергается внешняя сторона микрофибры, а внутренняя сторона содержит незначительное загрязнение.

После использования влагопоглощающий материал очищали путем промывки. Техническое обслуживание барабана предусматривает промывку его обезвоживающего слоя каждые 150 ч.

При проведении эксперимента скорость движения ленты изменялась от 0,16 до 0,28 м/с. Угол охвата обезвоживающего барабана – 1,47 рад, температура в помещении – 21 °С.

Пробы сапропеля отбирались для определения влажности после каждого обезвоживающего барабана в одноразовые емкости (по 3 параллельные пробы), отбор проб производился по методике согласно ГОСТ 12071-2014.

На основе полученных экспериментальных данных определения влажности сапропеля получена зависимость изменения коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля от времени его контакта с поверхностью

обезвоживающих барабанов (рисунок 8). Коэффициент K , характеризующий интенсивность обезвоживания, является частным от деления массы отжатой влаги к массе исходной влаги в сапропеле.

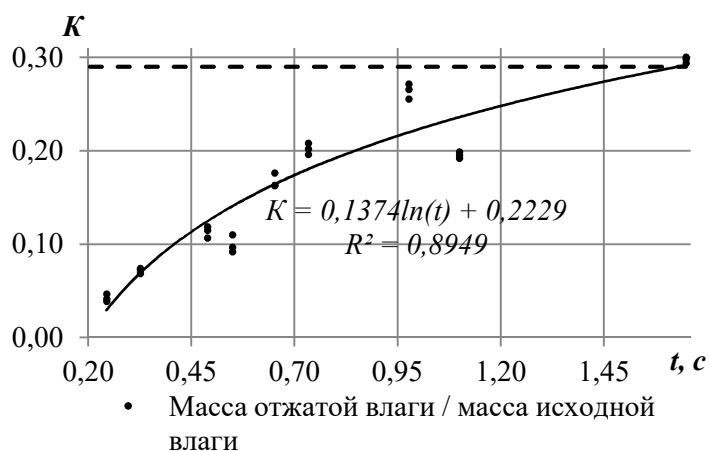


Рисунок 8 – Коэффициент интенсивности обезвоживания сапропеля

Согласно графику изменения коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля от времени его контакта с поверхностью обезвоживающих барабанов, покрытых микрофиброй, для достижения влажности в 60-65 % время контакта должно быть до 2 с.

2. Установленная в результате исследования зависимость параметров процесса обезвоживания сапропеля от скорости движения ленты и количества обезвоживающих барабанов, покрытых микрофиброй, позволили определить оптимальные параметры конструкции установки для обезвоживания, при которых кондиционная влажность сапропеля 65% достигается при

скорости движения ленты – 0,28 м/с и использовании 7 обезвоживающих барабанов.

Время контакта поверхности микрофибры и сапропеля соответствует времени, за которое точка на поверхности барабана пройдет расстояние L равное длине сектора охвата барабана лентой (формула 1). По значению линейной скорости ленты v определяется угловая скорость точки и барабана при известном его радиусе r при условии отсутствия его проскальзывания относительно ленты.

Время контакта T поверхности микрофибры и слоя сапропеля (формула 2) зависит от угла охвата обезвоживающего барабана β лентой и скорости движения ленты v .

$$L = \pi r \beta^\circ / 180^\circ = r \beta_{\text{рад}}, \quad (1)$$

где L – расстояние, равное дуге окружности контактирующей за этот период (T) с лентой и сапропелем, находящемся на ней, м; r – радиус обезвоживающего барабана, м; β° и $\beta_{\text{рад}}$ – угол охвата обезвоживающего барабана лентой, в градусах и радианах соответственно.

$$T = r \beta_{\text{рад}} / v. \quad (2)$$

Рациональное время контакта обеспечивается путем регулирования скорости движения ленты при постоянных значениях сектора охвата лентой обезвоживающего барабана, толщины слоя сапропеля на ленте a и толщины слоя микрофибры h .

Согласно результатам экспериментальных исследований (рисунок 9), при скорости движения ленты 0,16 м/с требуется установить 3 обезвоживающих барабана для достижения 65 % влажности сапропеля, которая

обеспечивается при значении коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля – 0,29.

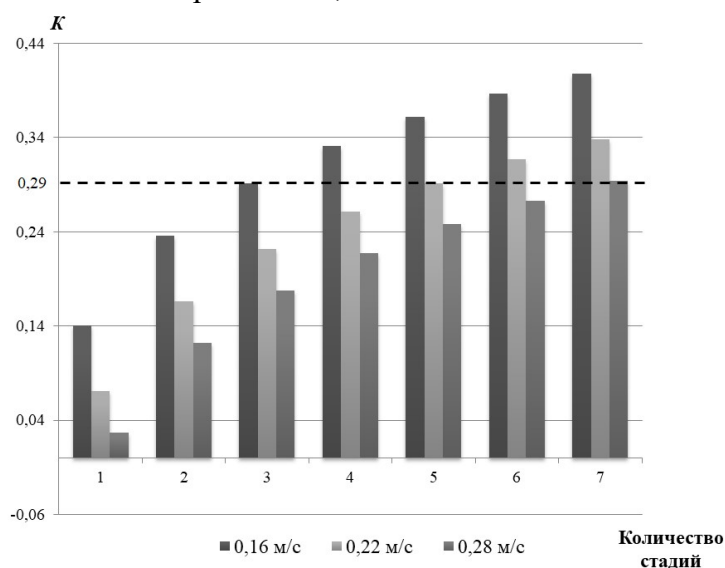


Рисунок 9 – Значение коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля при различных скоростях и при различном количестве стадий обезвоживания.

Изменяя угол охвата барабана β , при постоянных значениях скорости движения конвейерной ленты v , толщины слоя сапропеля на ленте a и толщины слоя влагопоглощающего материала h можно достичь требуемого времени контакта, однако необходимо учитывать несколько условий. Угол охвата зависит от характеристик конвейерной ленты и свойств сапропеля. Величина угла охвата первого обезвоживающего барабана при скорости движения ленты более 0,05 м/с должна быть не более 15° , во избежание выдавливания влажного сапропеля с ленты.

В перспективе эффективность обезвоживания сапропеля и увеличение производительности оборудования

могут быть достигнуты путем установки узла ворошения специальной конструкции.

Узел ворошения (рисунки 10 и 11) должен располагаться после каждого, кроме последнего, обезвоживающего барабана и конструктивно состоит из валика-контакта и рамы, жестко закрепленных на несущей раме. Для комбинированного электромеханического воздействия на обезвоживаемое сырье на раме монтируется поворотный токопроводящий кронштейн. Валик-контакт подключен к положительному полюсу источника постоянного тока, а поворотный токопроводящий кронштейн подключен к отрицательному полюсу источника постоянного тока. Подача напряжения необходима для создания эффекта электроосмоса, что обеспечит снижение налипания сапропеля к поверхностям рабочих элементов узла ворошения и изменение градиента влагосодержания в слое обезвоживаемого сапропеля.

Внедрение метода внутрикарьерного механического обезвоживания сапропелевой пульпы с использованием модуля позволит повысить эффективность добычи и переработки сапропеля и снизить затраты на организацию производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе предлагается решение актуальной задачи создания нового научно-обоснованного технического решения внутрикарьерного модуля механического обезвоживания сапропеля, что имеет существенное значение для развития горнодобывающей промышленности.

По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. Результаты анализа теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертационной работы свидетельствуют о том, что добыча сапропеля в

Российской Федерации находится на недостаточном уровне, что обуславливается низкой экономической эффективностью технологий его обезвоживания. Требуется разработка эффективных технологий механического обезвоживания в условиях карьера с применением современных средств механизации.

2. На основе проведенного анализа существующих способов и устройств обоснован новый метод внутрикарьерного механического обезвоживания сапропеля, основанный на капиллярном поднятии влаги в слое пористого материала, позволяющий эффективно удалять влагу из тонкого слоя сапропеля в непрерывном процессе.

3. Установленная в результате лабораторных исследований зависимость коэффициента интенсивности обезвоживания сапропеля от времени ротационного контакта с обезвоживающими барабанами, покрытыми микрофиброй, со слоем сапропеля, описываемая логарифмической функцией, позволила определить рациональные режимы процесса обезвоживания, при которых за время контакта до 2 с влагосодержание сапропеля снижается на 90% (с 19 до 1,9 кг/кг).

4. Установленная в результате исследования зависимость параметров процесса обезвоживания сапропеля от скорости движения ленты и количества обезвоживающих барабанов, покрытых микрофиброй, позволили определить параметры конструкции установки для обезвоживания, при которых кондиционная влажность сапропеля 65% достигается при скорости движения ленты – 0,28 м/с и использовании 7 обезвоживающих барабанов.

5. Разработана конструкция модуля механического обезвоживания сапропеля с автономным приводом, защищенная патентом РФ.

6. Разработаны практические рекомендации по использованию предложенного метода и модуля механического обезвоживания в условиях карьера.

7. Обозначены перспективы модернизации разработанного оборудования по обезвоживанию сапропеля в части применения конструкции оригинального узла ворошения сапропеля, обеспечивающего электроосмотическое воздействие на слой обезвоживаемого сырья и позволяющего повысить эффективность обезвоживания сапропеля.

8. Результаты по разработке метода и оборудования механического обезвоживания сапропеля приняты к внедрению в ООО «ЭКОВИТ» при расширении действующего производства по добыче и переработке сапропеля.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Утенкова, Т.Г.** Способы обезвоживания сапропеля / **Т.Г. Утенкова, Э.А. Кремчев, Д.С. Громыка, О.Ю. Короткова** // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. - № 4 (150). - С. 45-52

2. **Utenkova, T.** Mechanical dewatering of sapropel in its small-scale mining technology / **T. Utenkova, E. Kremcheev, D. Nagornov, S. Ivanov** // Sustainable Development of Mountain Territories. 2023. Vol. 15 Iss. 2. – P. 308-316.

3. Dashko, R. Multicomponent composition of sapropels as a basis for perfection of technique and technology of their dehydration / **R. Dashko D., Vlasov, Z. Pushina, T. Utenkova, S. Ivanov** // Russian Journal of Earth Sciences. 2023. Vol. 23. P. 1-13. DOI: 10.2205/2023ES000840

Публикация в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

4. **Utenkova, T.** Effect of electroosmosis to reduce the adhesion of lake sapropel to the metal surfaces of the machine for lake sapropel dewatering / **T. Utenkova**, E. Kremcheev, D. Nagornov, O. Korotkova // E3S Web of Conference. 2021. Vol. 326. Iss 55. P. 00015. DOI:10.1051/e3sconf/202132600015

Патент:

5. Патент № 2751242 Российская Федерация, МПК C05F 7/00. Машина для обезвоживания сапропеля. Заявка № 2020140776. Дата приоритета: 10.12.2020. Дата регистрации: 12.07.2021. Авторы: **Т.Г. Утенкова**, Э.А. Кремчеев, Р.Э. Дашко, Ю.Д. Смирнов. Заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – 13 с.

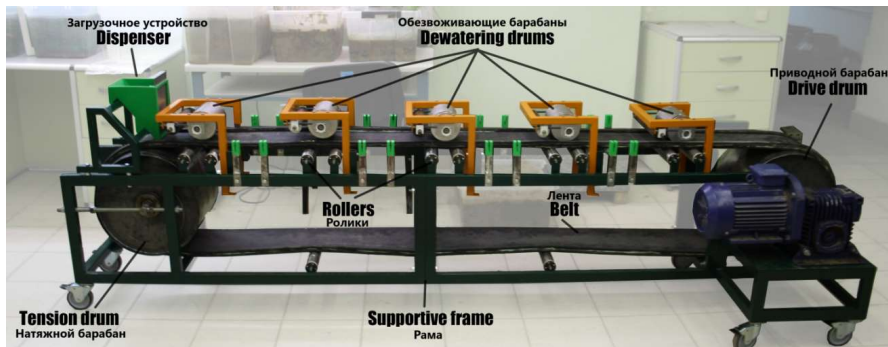


Рисунок 2 – Лабораторный стенд

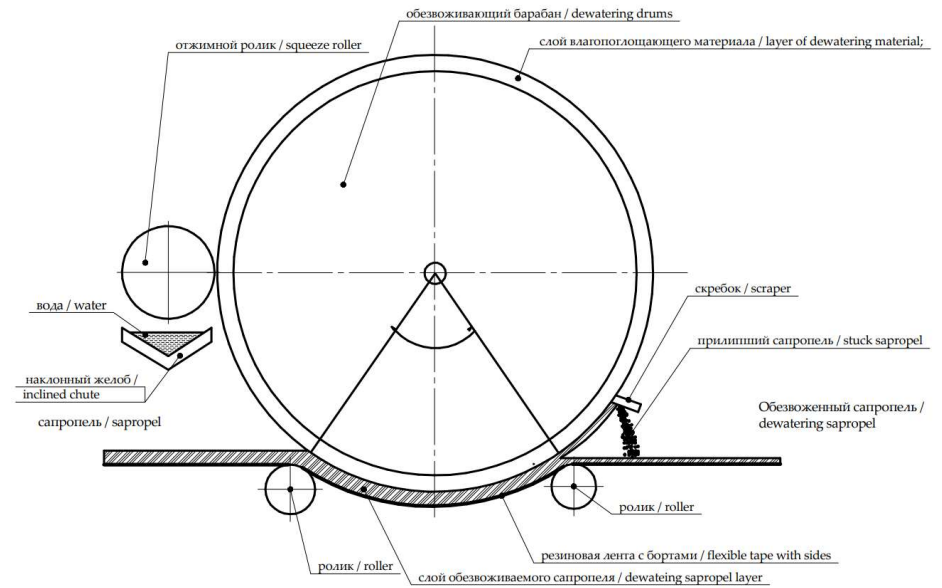


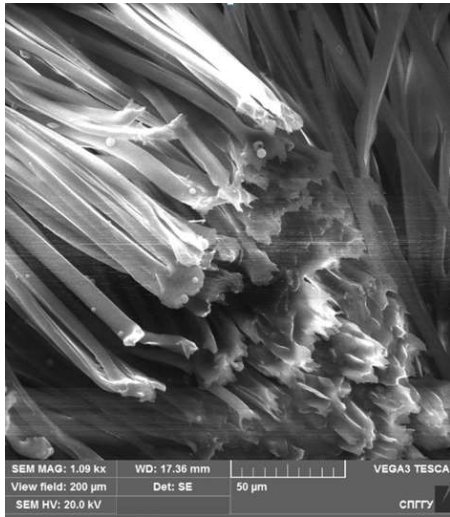
Рисунок 3 - Основные элементы машины по обезвоживанию сапропеля (выполнено автором)

До использования
Before use

После использования
After use

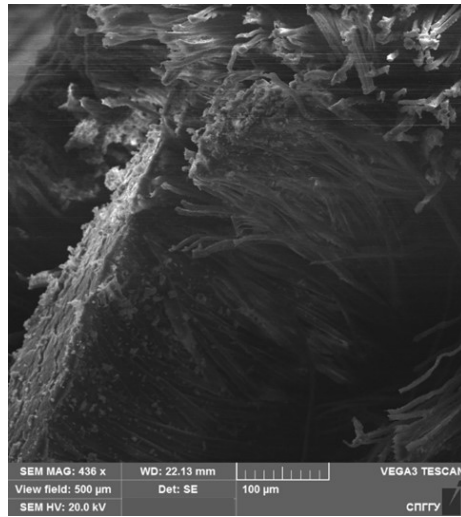


Рисунок 5 – Микрофибра до и после использования

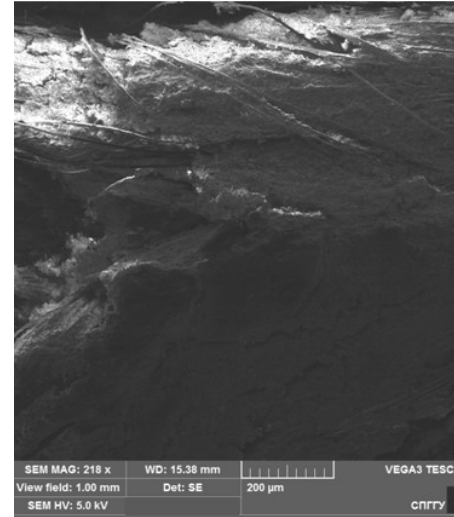


до использования (увеличение – 1009x)

Рисунок 6 – Микрофибра до и после использования

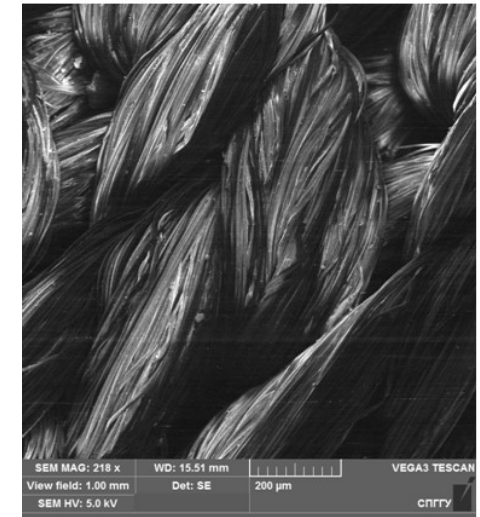


после использования (увеличение – 436x)



после использования (внешняя сторона, увеличение – 218x)

Рисунок 7 – Микрофибра после использования



после использования (внутренняя сторона, увеличение 218x)

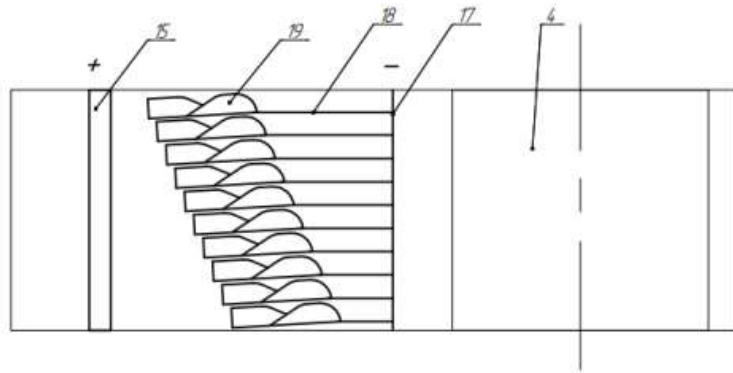


Рисунок 10 – Узел ворошения сапропеля (вид сверху)

4 – обезвоживающий барабан; 15 – валик-контакт; 17 – поворотный токопроводящий кронштейн; 18 – держатели; 19 – ножи-переворачиватели

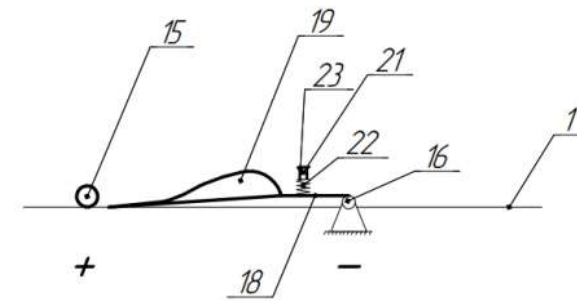


Рисунок 11 – Узел ворошения (вид сбоку)

1 – гибкая лента с бортами; 15 – валик-контакт; 16 – рама; 17 – поворотный токопроводящий кронштейн; 18 – держатели; 19 – ножи-переворачиватели; 20 – слой сапропеля; 21 – прижимающее устройство; 22 – упругий элемент; 23 – демпфер.