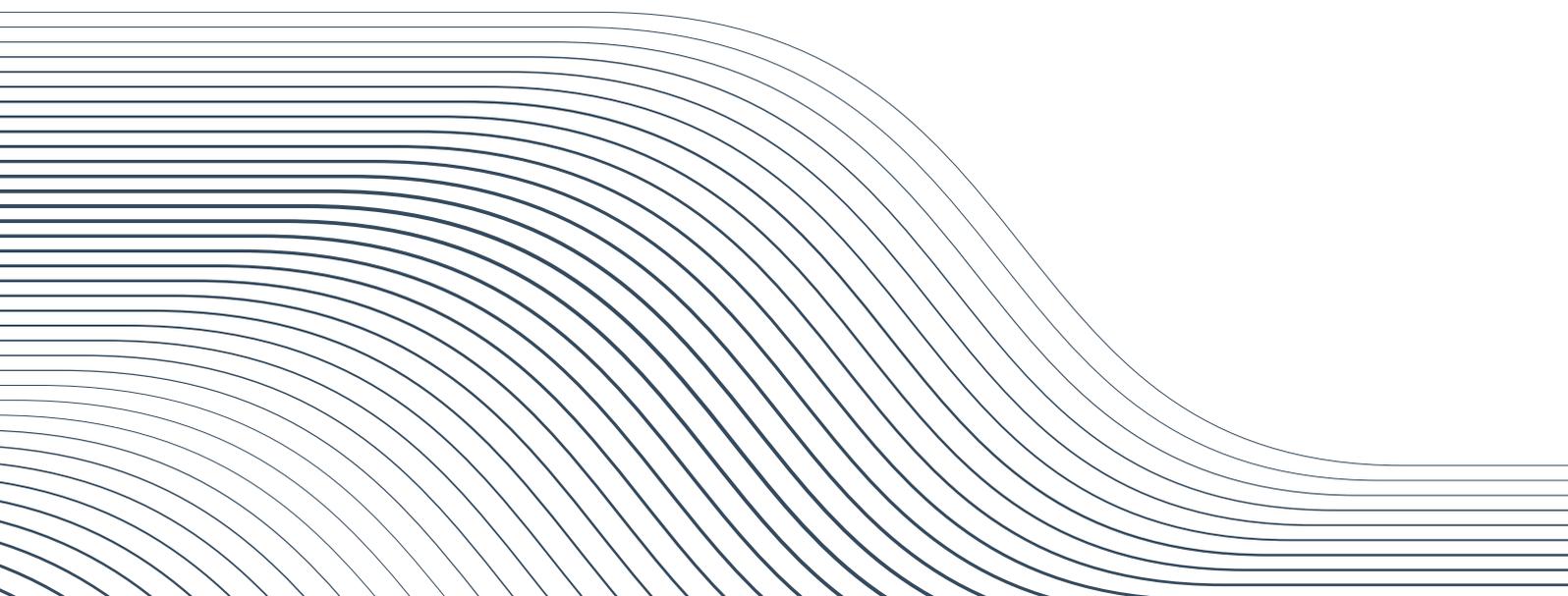




**МИСИС**  
УНИВЕРСИТЕТ

**ЦЕНТР ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ**  
Платформа открытых инноваций

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ



## СОДЕРЖАНИЕ:

### «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ»

Ученые Горного института НИТУ МИСИС ведут научный поиск по широкому спектру проблем, в том числе в области современного горного дела: от разведки месторождений до переработки полезных ископаемых и оценки качества получаемой продукции. Разработанные научными сотрудниками Горного института методы, технологии и аппаратные средства используются при добыче всех видов полезных ископаемых: алмазов в Якутии, золота на Чукотке и в Красноярском крае, угля в шахтах и разрезах Кузбасса и других регионов, железной руды в Белгородской и Курской областях, строительных материалов в Московском регионе и других субъектах РФ. Результаты научных исследований специалистов ГИ используются на ведущих горных предприятиях Казахстана, Республики Беларусь, Германии, Монголии, Узбекистана, Китая, Вьетнама, стран Африки и Латинской Америки.

Основной вектор развития стратегического проекта НИТУ МИСИС «Технологии устойчивого развития» — экологизация промышленных производств. В рамках реализации стратегического проекта университет сконцентрирован на разработке и применении новых инженерных решений с высокой добавленной ценностью, которые позволят снизить техногенную нагрузку с помощью новых технологий.

#### Задачи научно-исследовательской деятельности:

- Создание аппаратных комплексов, устройств, промышленных производств, позволяющих минимизировать воздействия на окружающую среду.
- Развитие систем комплексного (цифрового) мониторинга окружающей среды.
- Создание новых инженерных решений, в том числе за счет использования цифровых производственных технологий, способствующих ресурсосбережению и снижению энергопотребления.
- Обеспечение роста конкурентоспособности экономики за счет создания новых производственных решений для повышения качества жизни и формирования благоприятной экологической среды в регионах присутствия крупных производственных предприятий.
- Разработка принципов и решений вовлечения отходов производства в новые индустрии.

### ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕЙ

1. Управление пылением углей на угольных предприятиях и терминалах .....	5
2. Управление пылением углей на угольных предприятиях и терминалах: ранжирование углей по склонности к образованию пыли .....	6
3. Управление пылением углей на угольных предприятиях и терминалах: контроль содержания пылевой фракции и взвешенных загрязняющих веществ PM10 и PM2,5 в углях и угольной продукции .....	7
4. Способ выбора мест размещения углепородных отвалов .....	8
5. Управление пылением углей на угольных предприятиях и терминалах: Технические решения по использованию пылеподавляющих растворов.....	9
6. Способ заблаговременной дегазационной подготовки высокогазоносных выбросоопасных угольных пластов .....	10
7. Способ подготовки газоносного угольного пласта к отработке.....	11
8. Способ интенсификации дегазации угольного пласта.....	12

### МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ЦИФРОВИЗАЦИИ

9. Термоакустоэмиссионный контроль качества физико-химического закрепления структурно-неустойчивых грунтов при устройстве искусственных оснований под фундаменты зданий и сооружений .....	13
10. Лазерно-ультразвуковая структуроскопия и томография для диагностики свойств горных пород, конструкционных материалов и изделий .....	14
11. Способ контроля сцепления анкерной крепи с массивом горных пород .....	15
12. Цифровая платформа интеллектуального управления транспортно- технологическими процессами при добыче минерального сырья .....	16
13. Способ определения напряженного состояния массива горных пород.....	17
14. Комплексное научно-техническое сопровождение при строительстве и эксплуатации технически сложных подземных комплексов .....	18
15. Визиометрический анализ сортности руды и управление процессами обогащения.....	19
16. Способ определения изменения устойчивости мерзлых грунтовых оснований.....	20

## ПРОЦЕССЫ РАЗРАБОТКИ, ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ

17. Способ переработки минерального сырья, содержащего сульфиды металлов.....	21
18. Способ формирования техногенного месторождения и его последующей отработки.....	22
19. Способ получения карбонатов редкоземельных элементов.....	23
20. Способ получения металлургического глинозема кислотнo-щелочным способом.....	24
21. Способ вскрытия эвдиалитового концентрата.....	25
22. Способ борьбы с пылью на пляжах хвостохранилищ.....	26
23. Влияние криогенного выветривания на качество углей при их добыче, транспортировке и хранении в условиях Крайнего Севера.....	27

## УСТРОЙСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ

24. Система для ориентированного точечного нагружения и разрыва стенок скважины без применения взрывных работ.....	28
25. Гидромеханическое предохранительное устройство конусной дробилки.....	29
26. Высокоэффективное долото горизонтального и наклонного бурения для нефтегазовой отрасли.....	30
27. Породоразрушающий инструмент, работающий в условиях Арктики на основе иерархических твердых сплавов с повышенной трещиностойкостью и износостойкостью.....	31
28. Устройство для пульсирующего воздействия на жидкость находящуюся в системе скважина-угольный пласт.....	32

## ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕЙ

### 1. УПРАВЛЕНИЕ ПЫЛЕНИЕМ УГЛЕЙ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ТЕРМИНАЛАХ

#### Назначение:

Управления пылением углей на угольных предприятиях и терминалах, направленное на повышение качества добываемых углей и минимизацию воздействия их добычи, переработки и перевалки на окружающую среду и здоровье человека

#### Новизна:

1. Ранжирование углей по склонности к образованию пыли
2. Контроль содержания пылевой фракции и взвешенных загрязняющих веществ PM10 и PM2,5 в углях и угольной продукции
3. Технические решения по использованию пылеподавляющих растворов

#### Преимущества:

Одновременное выполнение нескольких задач:

- оценка качества углей, безопасности добычи и переработки в части пыления
- расчет выбросов угольной пыли в процессах добычи, переработки, транспортировки и перевалки
- нормирование концентрации пыли в воздухе рабочей зоны
- оценка экологических ущербов от загрязнения почв и вод с учетом рассеяния пыли на разные расстояния от предприятия
- подбор химических реагентов для пылеподавления и определения оптимальных расходов реагентов и способов их нанесения

#### Уровень разработки технологии: TRL8

Ноу-хау № 44-608-2022 от 29.12.2022 г. «Методика оценки эффективности пылеподавления с использованием химических реагентов»

Аттестованная методика № 241.0032/RA.RU.311866/2022 «Методика измерений гранулометрического состава проб угольной пыли методом лазерной дифракции»



Рис. Управление пылением углей на угольных предприятиях и терминалах

## 2. УПРАВЛЕНИЕ ПЫЛЕНИЕМ УГЛЕЙ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ТЕРМИНАЛАХ: РАНЖИРОВАНИЕ УГЛЕЙ ПО СКЛОННОСТИ К ОБРАЗОВАНИЮ ПЫЛИ

### Назначение:

Оценка склонности углей к образованию пыли для планирования мероприятий по безопасности добычи и переработки в части пыления

### Новизна:

Впервые установлена взаимосвязь между структурными особенностями углей, их механическим поведением при циклических механических нагрузках и содержанием аэрозольной пыли в угле после механического разрушения

### Преимущества:

Разработка предлагает критерии для ранжирования углей по склонности к образованию пыли в соответствии с впервые введенным структурным параметром

**Уровень разработки технологии:** TRL8

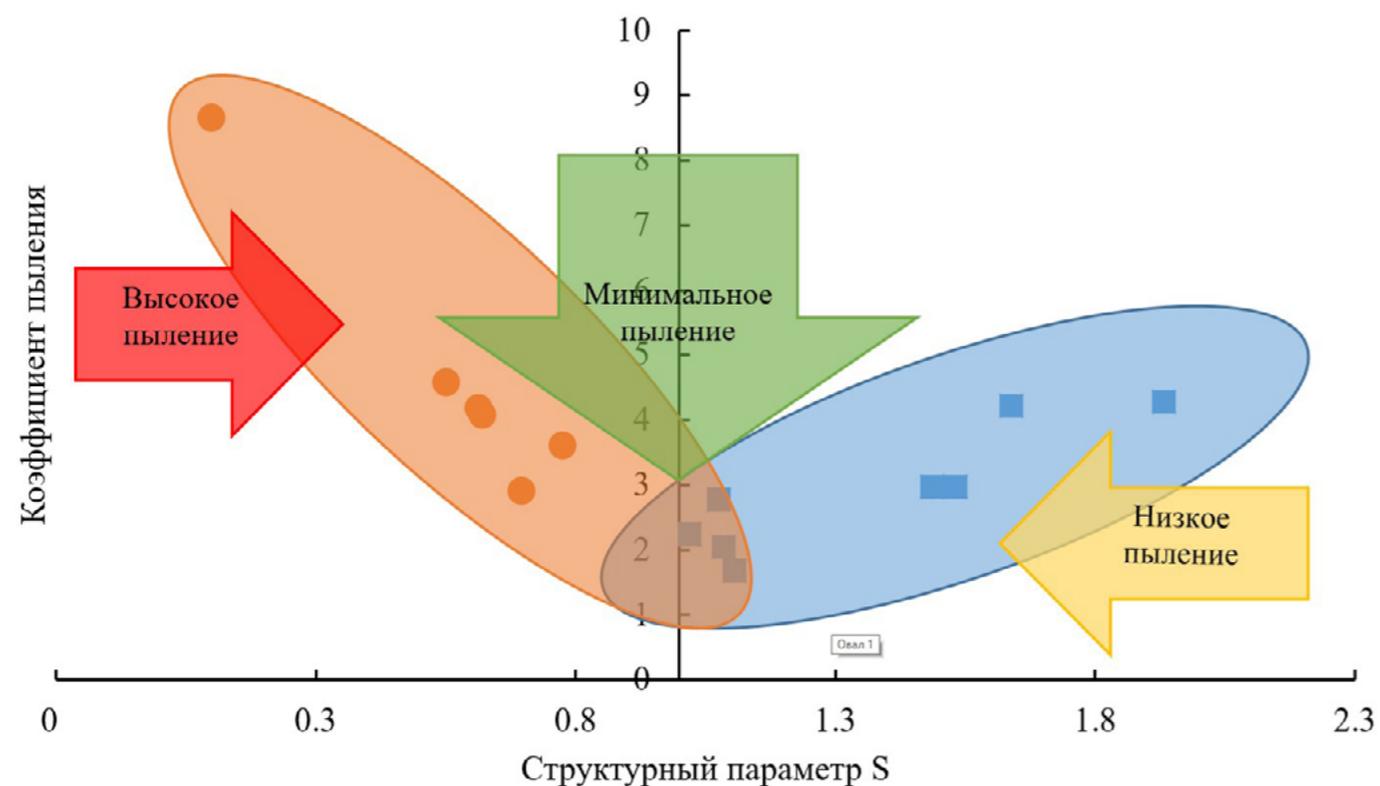


Рис. Разделение углей по степени пыления: минимальное пыление, низкое пыление и высокое пыление

## 3. УПРАВЛЕНИЕ ПЫЛЕНИЕМ УГЛЕЙ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ТЕРМИНАЛАХ: КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛЕВОЙ ФРАКЦИИ И ВЗВЕШЕННЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ PM10 И PM2,5 В УГЛЯХ И УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

### Назначение:

Предлагаемая разработка предназначена для расчета выбросов угольной пыли при добыче, переработке, хранении и транспортировке углей

### Новизна:

- Разработана методика № 241.0032/RA.RU.311866/2022 «Методика измерений гранулометрического состава проб угольной пыли методом лазерной дифракции», аттестованная аккредитованным органом в области обеспечения единства измерений для выполнения работ и оказания услуг по аттестации методик измерений и метрологической экспертизе
- Разработан метод, позволяющий улавливать и концентрировать угольную пыль, содержащуюся в рядовых углях или товарной продукции

### Преимущества:

- Оценка возможного экологического ущерба от загрязнения почв и вод с учетом рассеяния пыли на разные расстояния от предприятия
- Расчет выбросов угольной пыли в процессах добычи, переработки и транспортировки, в том числе на терминалах
- Нормирование концентрации пыли в воздухе рабочей зоны

**Уровень разработки технологии:** TRL8

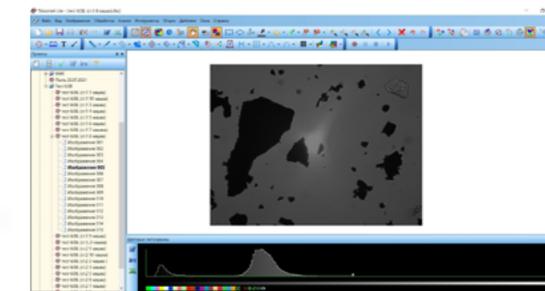
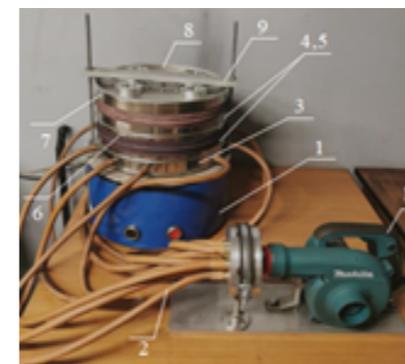


Рис.1 Приборное оснащение метода контроля содержания пылевой фракции и взвешенных загрязняющих веществ PM10 и PM2,5 в углях и угольной продукции: новая установка для улавливания и концентрирования угольной и анализатор размера частиц

Рис. 2 Исследование структуры углей под микроскопом

#### 4. СПОСОБ ВЫБОРА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ УГЛЕПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

##### Назначение:

Изобретение относится к горной промышленности, может быть использовано при выборе мест для расположения углепородных отвалов и предназначено для профилактики самовозгорания складированной горной массы

##### Новизна:

1. Этапность выбора места расположения углеродных отвалов:

- производят оценку напряженного состояния горного массива, находят тектонически разгруженные зоны, осуществляют их идентификацию на местности, сопоставляют их с планируемым местом размещения углепородного отвала на земной поверхности
  - Выполняют оценку напряженного состояния массива и место для расположения отвала выбирают за пределами тектонически разгруженных зон горного массива
2. Возможность реализации предлагаемого способа: под воздействием тектонических напряжений в земной коре формируются тектонически разгруженные зоны с высокой проницаемостью, создающие среду для развития деформаций в теле отвала и поступления к нему газов из окружающей среды.

##### Преимущества:

- Снижение возможности поступления воздуха в отвал через проницаемые зоны в его основании
- Размещение отвала за пределами тектонически разгруженной зоны снижает риск возникновения контакта отвальной массы с кислородом воздуха и препятствует ее самовозгоранию

##### Уровень разработки технологии: TRL2

Патент № 2600948 от 17.11.2015 «Способ выбора мест размещения углепородных отвалов»

Патент № 2657302 от 22.09.2017 «Способ выбора мест размещения углепородных отвалов»

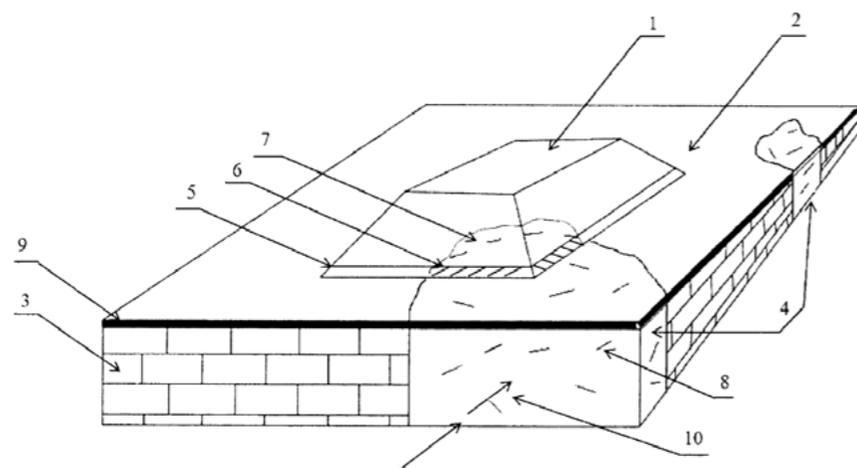


Рис. Способ выбора мест размещения углепородных отвалов: 1 – углепородный отвал, 2 – земная поверхность, 3 – массив горных пород, 4 – тектонически разгруженные зоны, 5 – изолирующий слой, 6 – зона разрушения изолирующего слоя в основании отвала, 7 – зона разрушения изолирующего слоя на бортах, 8 – трещины растяжения в массиве пород и на поверхности, 9 – наносы, 10 – движение воздуха

#### 5. УПРАВЛЕНИЕ ПЫЛЕНИЕМ УГЛЕЙ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ТЕРМИНАЛАХ: ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПЫЛЕПОДАВЛЯЮЩИХ РАСТВОРОВ

##### Назначение:

Оценка эффективности действия химических реагентов для разработки технологических решений по пылеподавлению при перевалке угольной продукции на предприятиях и терминалах

##### Новизна:

Впервые разработаны методы оценки эффективности работы химических реагентов для подавления пыли и его влияния на качество углей

##### Преимущества:

1. Отсутствие аналогов на рынке
2. Определение оптимального количества и способа нанесения пылеподавляющих растворов
3. Планирование и проведение мероприятий по подбору химических реагентов для пылеподавления

##### Внедрение:

Результаты экспериментальных работ по снижению пыления углей в рабочей зоне при их обработке на конвейере полимерной эмульсией на основе латекса используются ООО «Разрез Аршановский»

##### Уровень разработки технологии: TRL8

Ноу-хау № 44-608-2022 от 29.12.2022 г. «Методика оценки эффективности пылеподавления с использованием химических реагентов»



Рис. 1 Лабораторная установка для определения содержания пыли в углях

Рис. 2 Общий вид обработки угля раствором на конвейере

## 6. СПОСОБ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ ВЫБРОСОПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

### Назначение:

В горной промышленности при дегазации угольного пласта и для повышения безопасности горных работ в шахтах

### Новизна:

Создание равномерной сети трещин в угольных пластах путем различных активных воздействий (пневмогидродинамических, в режиме кавитации; с использованием самоподдерживающегося разрушения угля, вспенивающихся веществ, эффекта обратного гидроудара, пороховых генераторов давления и ряда других) в определенных режимах с целью создания условий безопасной и высокопроизводительной отработки угольных пластов и извлечения метана

### Преимущества:

- Снижение газоносности
- Предотвращение выбросоопасности неразгруженных низкопроницаемых угольных пластов и вмещающих пород

### Внедрение:

Заблаговременная дегазационная подготовка реализована более чем на 300 скважинах на 20 шахтных полях Карагандинского и Донецкого угольных бассейнов

### Уровень разработки технологии: TRL9

Патент № 2323327 от 28.09.2006 г. «Способ извлечения метана из угольного пласта»

Патент № 2298650 от 11.10.2005 г. «Способ гидравлической обработки угольного пласта»

Патент № 2657302 от 13.06.2018 г. «Способ выбора мест размещения углепородных отвалов»



Рис. Гидродинамическая обработка угленосной толщи насосными агрегатами

## 7. СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ГАЗОНОСНОГО УГОЛЬНОГО ПЛАСТА К ОТРАБОТКЕ

### Назначение:

Для обеспечения безопасности очистных работ при подземной отработке газоносных угольных пластов при столбовой системе разработки

### Новизна:

- Подготовка газоносного угольного пласта к отработке при столбовой системе разработки включает проходку оконтуривающих штреков, бурение из них в пласт нагнетательных и дегазационных скважин, размещение устьев нагнетательных скважин на расстояниях, равных двум длинам герметизации, и последующую гидрообработку пласта и отсос газа через дегазационные скважины
- Нагнетательные скважины бурят в приконтурную часть столба
- Герметизацию нагнетательных скважин осуществляют на длину не менее 20 м при длине нагнетательного участка до 5 м
- Дегазационные скважины бурят направленно в серединную часть столба с расположением стволов дегазационных скважин вне зоны гидрообработки

### Преимущества:

- Повышение безопасности отработки газоносного угольного пласта
- Снижение материальных затрат на обустройство и эксплуатацию дегазационных скважин и сокращение длины участков газопроводов

### Уровень разработки технологии: TRL5

Патент № 2659298 от 22.09.2017 «Способ подготовки газоносного угольного пласта к отработке»

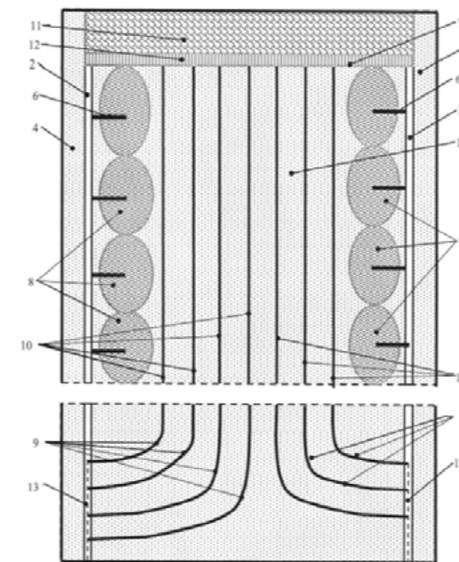


Рис. Способ подготовки газоносного угольного пласта к отработке по системе разработки длинными столбами.

Разрабатываемый угольный пласт в выемочном столбе 1 оконтуривают штреками 2, 3 и располагают между барьерными целиками 4 и 5. Буровым станком (на рисунке не показано) из штреков 2 и 3 осуществляют бурение нагнетательных скважин 6 в приконтурную область выемочного столба 1 и параллельно очистному забоя 7. Через нагнетательные скважины 6 в пласт закачивают воду, которая заполняет приконтурную область 8 около штреков 2 и 3. Кроме того, из штреков 2 и 3 бурят криволинейные дегазационные скважины 9, направленные в серединную часть столба 1 до очистного забоя 7 с расположением стволов 10 скважин 9 вне зоны гидрообработки. Очистный забой 7 в лаве ограничен от выработанного пространства 11 крепью 12. Газ из дегазационных скважин 9 отсасывают через участковый газопровод 13 на поверхность (на рисунке не показано). Герметизацию приконтурной части нагнетательных скважин 6 осуществляют на длину не менее 20 м при длине нагнетательного участка до 5 м

## 8. СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

### Назначение:

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для дегазации угольных пластов с целью повышения безопасности работ в угольных шахтах

### Новизна:

- Устанавливают границы зоны безопасности горных выработок, прилегающих к формируемой зоне добычи угольного метана, устанавливают устройства контроля трещиноватости угольного пласта в данных горных выработках и прекращают проведение его гидрорасчленения либо вибровоздействие в случае, если изменение параметров его трещиноватости переходит установленные границы зоны безопасности данных горных выработок
- Пульсирующее воздействие на жидкость, закачиваемую в угольный пласт, производят как в группах скважин зоны добычи угольного метана, так и в отдельных добычных скважинах, если стабилизации уровня жидкости в них наступила позже, чем в большинстве скважин формируемой зоны добычи угольного метана
- В случае, если раскрытие трещин в зоне воздействия части добычных скважин меньше, чем в зоне воздействия других добычных скважин данной добычной зоны угольного метана, то производят повторное пульсирующее воздействие на жидкость в данных добычных скважинах

### Преимущества:

Раскрытие в угольном пласте системы трещин, позволяющих эффективно удалять угольный метан из добычной зоны для последующего его использования при минимальных объемах буровых работ и обеспечении более безопасной отработки угольного пласта вблизи зоны дегазации

### Уровень разработки технологии: TRL 4-5

Патент № 2707825 от 29.11.2019 «Способ интенсификации дегазации угольного пласта»

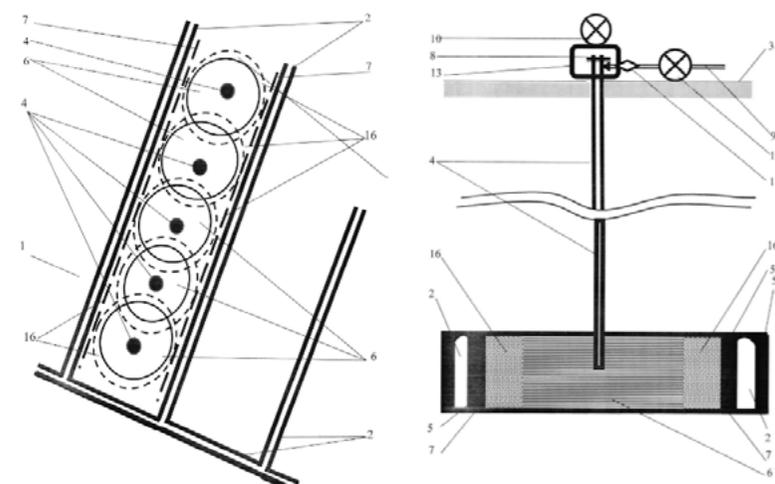


Рис. Расположение добычных скважин и добычных зон относительно имеющихся горных выработок и принципиальная схема формирования добычной зоны угольного метана согласно предлагаемому способу: в пределах выемочного участка шахтного поля 1 между смежными конвейерными штреками 2 с поверхности 3 бурят добычные скважины 4, забой скважины при этом располагается в толще дегазируемого пласта 5. Расстояния между скважинами 4 выбирают с таким расчетом, чтобы зоны гидрорасчленения 6 дегазируемого пласта 4 перекрывали друг друга, но не захватывали близлежащие горные выработки. Устье скважин 4 герметизируют при помощи заглушки 8 и соединяют трубопроводами 9 с магистральными трубопроводами для подачи и откачки жидкости, которые обслуживают несколько скважин 4. Над устьем каждой из скважин 4 располагают двигатель 10 связанный с поршнем, помещенным в верхнюю часть скважины 4 через шток, редуктор и эксцентрики, которые могут быть изолированы от двигателя 10. Шток, при этом пропущен через заглушку 8 с использованием сальников. Трубопровод 9 соединяется со скважиной 4 ниже места расположения поршня и имеет в своем составе обратный клапан 12 и насос высокого давления 11. Для установки насоса 11, редукторов и эксцентриков может быть использована передвижная или разборная платформа 13

## МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ЦИФРОВИЗАЦИИ

### 9. ТЕРМОАКУСТОЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПОД ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### Назначение:

Проведение инженерно-геологических изысканий и мониторингового контроля грунтовых толщ на строительных площадках

### Новизна:

- Новые подходы к получению и анализу измерительной информации по методу термостимулированной акустической эмиссии (ТАЭ) обеспечивают высокую достоверность оценки деформационных и прочностных свойств грунтов
- Создан прототип оригинальной измерительной системы, предназначенной для дистанционного мониторинга изменений устойчивости природно-техногенных систем типа «фундамент – грунтовое основание», установления очагов развития деструктивных процессов в зонах распространения слабых грунтов, находящихся под влиянием климатических факторов, сложных силовых воздействий и процессов физико-химического закрепления

### Преимущества:

- Снижение себестоимости за счет: унификации каротажных устройств; упрощения регулировки измерительной сети непосредственно в полевых условиях; повышения эксплуатационного ресурса данной аппаратуры; снижения трудоемкости технологии ее изготовления, уменьшения потребности в материалах и сложных деталях
- Минимизация объема пуско-наладочных работ
- Минимальные расходы на запуск геоконтроля
- Возможность оперативно и без дополнительных затрат корректировать план проведения геоконтроля, исходя из оперативной оценки динамики инженерно-геологических условий

### Уровень разработки технологии: TRL 4-5

Патент № 2775159 от 28.06.2022 «Акустико-эмиссионный способ контроля изменения устойчивости обработанного твердеющими веществами грунтового массива»

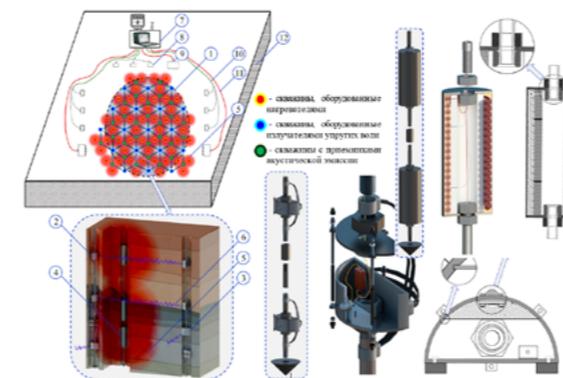


Рис. Термоакустоэмиссионный способ геоконтроля: 1 – граница обследуемого участка геосреды; 2 – скважинные измерительные акустико-эмиссионные модули; 3 – скважинные модули с источниками упругих волн; 4 – скважинные нагревательные устройства; 5 – температурное поле, стимулирующее информативный акустико-эмиссионный отклик; 6 – главный вектор распространения упругих колебаний (волн); 7 – совмещенное с многоканальным акустико-эмиссионным измерительным комплексом устройство связи и управления; 8 – промежуточные наружные распределительные коробки; 9 – комплектные распределительные устройства; 10 – малонагруженные электрические цепи (заглубленные в грунт кабельные линии); 11 – отдельные линии с большим потреблением по току (заглубленные в грунт кабельные линии); 12 – грунтовая толща

## 10. ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СТРУКТУРОСКОПИЯ И ТОМОГРАФИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД, КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

### Назначение:

Исследование структурных особенностей и физико-механических свойств горных пород

### Новизна:

- В высокочастотном режиме возможно исследовать керны горных пород, композиты, металлы и другие материалы и выполнять визуализацию внутренней структуры благодаря высокому пространственному разрешению: глубина фокусировки акустического сигнала определяется размерами исследуемого объекта, а минимальная толщина слоя сканирования составляет 100 мкм.
- Высокая чувствительность контроля позволяет получать изображение внутренней структуры твердых объектов с поперечным пространственным разрешением не менее 0,32 мм. При этом, частота кадров изображения составляет не менее 30 Гц
- Разработаны уникальная научная установка «ГЕОСКАН-02М» и автоматизированный лазерно-ультразвуковой структуроскоп на базе дефектоскопа «УДЛ-2»
- Повышение точности системы визуализации работающей в режиме реального времени, а также, в создании устройства, позволяющего на основе использования предлагаемого способа исследовать различные объекты произвольной формы, включая биологические

### Преимущества:

- Аналогов данной аппаратуры в мире не существует
- Широкий спектр контролируемых материалов — геоматериалы, металлы, композиты, керамика, пластики, стекла
- Повышенное в 6–10 раз пространственное разрешение УЗ контроля
- Устранение «мертвой зоны» и возможность различать жесткие и мягкие неоднородности
- Измерение локальных упругих модулей материала конструкции и контроль их деградации
- Возможность локализовать дефекты с размерами от 5 мм, визуализировать внутреннюю структуру, составлять «цифровой паспорт» изделия
- Лазерный ультразвук является коротким, широкополосным и апериодическим, не имеющим боковых лепестков. Это обеспечивает высокое продольное разрешение, высокую чувствительность измерений

### Уровень разработки технологии: TRL5

Патент № 2725107 от 29.06.2020 «Способ ультразвукового исследования твердых материалов и устройство для его осуществления»

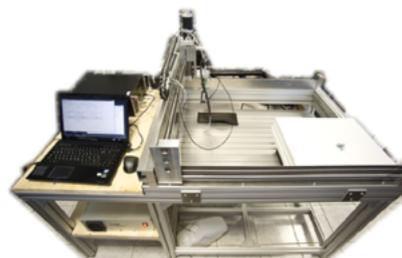


Рис. Автоматизированный лазерно-ультразвуковой структуроскоп. Лазерно-ультразвуковой преобразователь ПЛУ-6Н и УДЛ-2М

## 11. СПОСОБ КОНТРОЛЯ СЦЕПЛЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ С МАССИВОМ ГОРНЫХ ПОРОД

### Назначение:

Изобретение относится к горной промышленности и предназначено для контроля сцепления анкерной крепи с массивом горных пород

### Новизна:

- Способ основан на физических закономерностях, наблюдаемых при контроле сцепления анкерной крепи с массивом горных пород цифровыми методами
- Отличие заключается в том, что определяют максимальное значение амплитуды цифрового спектра и соответствующую ей частоту, к которой определяют ближайшие нижнюю и верхнюю частоты цифрового спектра и соответствующие им значения амплитуд цифрового спектра, затем определяют частоту  $f_0$ , соответствующую максимальному значению амплитуды аппроксимирующего спектра
- Способ включает импульсное возбуждение вибраций в анкерной крепи, связующей массу и массиве горных пород посредством источника тестового сигнала, цифровую регистрацию с помощью измерительной системы последовательности временных отсчетов сигнала вибрационного отклика анкерной крепи на импульсный тестовый сигнал, преобразование временных отсчетов в цифровой спектр в виде спектральных отсчетов и его спектральный анализ с последующей оценкой сцепления анкерной крепи с массивом горных пород

### Преимущества:

- Повышение точности контроля сцепления анкерной крепи с массивом горных пород за счет повышения стабильности показаний и снижения погрешности при определении информативных параметров, по которым осуществляется контроль
- Повышение точности определения длины анкерного крепления, осуществляемого по частоте спектрального максимума  $f_0$

### Уровень разработки технологии: TRL3

Патент № 2790418 от 20.02.2023 «Способ контроля сцепления анкерной крепи с массивом горных пород»

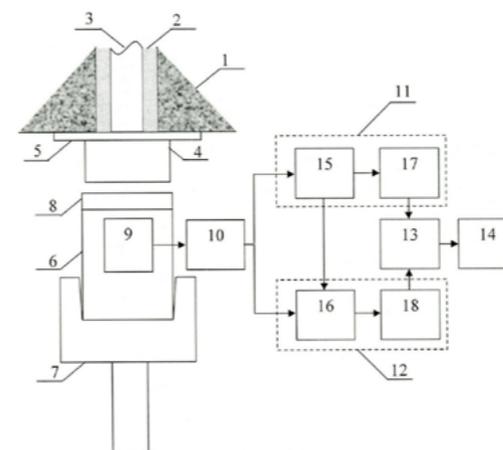


Рис. Схема устройства контроля анкерной крепи: 1 – массив горных пород, 2 – шпур, 3 – анкерная крепь, 4 – выступающий конец, 5 – шайба, 6 – ударный механизм, 7 – основание, 8 – магнит, 9 – преобразователь вибраций в электрический сигнал, 10 – усилитель, 11 – блок регистрации сигнала возбуждения вибраций в анкерной крепи, 12 – блок регистрации сигнала отклика на удар по выступающему концу анкерной крепи, 13 – блок деления спектров сигнала отклика в анкерной крепи на удар и сигнала возбуждения вибраций в анкерной крепи, 14 – индикатор показаний, 15 – временный селектор сигнала возбуждения вибраций в анкерной крепи, 16 – временный селектор сигнала отклика на удар в анкерной крепи, 17 и 18 – блоки спектрального анализа сигналов возбуждения вибраций и отклика на удар в анкерной крепи

## 12. ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ДОБЫЧЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

### Назначение:

Оптимизация управления транспортно-технологическими процессами при добыче минерального сырья

### Новизна:

- Проектирование сложных масштабируемых систем с дата-центричными микросервисными архитектурами:
  - эталонная метамодель архитектуры автономно функционирующего промышленного предприятия DEA 1.0 (Digital Enterprise Architecture)
  - ряд методик и алгоритмов автоматического комплексирования негомогенных данных для высокоточного построения динамической виртуальной технологической среды – Цифрового Двойника транспортно-технологического процесса открытых горных работ
  - алгоритмы оптимизации и управления гетерогенной мультиагентной средой в виде роботизированных объектов горнотранспортного комплекса
- Организация сквозного интеграционного взаимодействия разнородного программного обеспечения, непрерывного автоматического анализа, преобразования и комплексирования гетерогенных производственных данных и динамического построения виртуальной технологической среды с функциями вычисления параметров эволюционных состояний в процессе использования роботизированных горнотранспортных комплексов

### Преимущества:

- Выработка краткосрочных оперативных решений по управлению и долгосрочному планированию технологическими работами с учетом применения роботизированных объектов горнотранспортного комплекса
- Организация автономного (безлюдного) функционирования предприятия в целом

### Патенты:

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021668688 от 18.11.2021 г. «Микросервисная программа управления механизированными частями физической модели экскаватора»

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019663715 от 23.11.2021 г. «Микросервисная программа сбора, агрегации и передачи данных сенсорных устройств физической модели экскаватора»

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019663715 от 22.10.2019 г. «Программа удаленного ввода-вывода данных телеметрии и команд управления мобильными объектами»

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018663714 от 22.10.2019 г. «Программа цифрового дублирования процесса перемещения физических мобильных объектов в виртуальной технологической среде»

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019663713 от 22.10.2019 г. «Программа диспетчеризации потоков данных платформы цифрового дублирования транспортно-технологических процессов при добыче минерального сырья»

### Уровень разработки технологии: TRL4

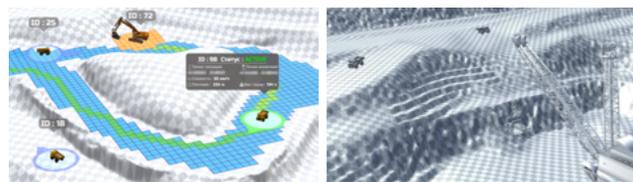


Рис. Фрагмент визуализации результатов

## 13. СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

### Назначение:

Изобретение относится к горному делу и предназначено для определения величины вертикального напряжения в конструктивных элементах систем разработки, например, целиках

### Новизна:

Повышение точности определения величины вертикального напряжения в массиве горных пород за счет того, что по сравнению со скоростью распространения упругих волн, ее температурная зависимость существенно более чувствительна к изменению напряжений

### Технические характеристики:

- Способ включает бурение скважины с отбором керна, который подвергают направленному вдоль диаметра возрастающему механическому нагружению, измерение скоростей распространения упругих волн в массиве вдоль скважины и в керне вдоль его оси, по результатам сравнения которых судят о вертикальных напряжениях в массиве
- Керн и исследуемый участок массива дополнительно нагревают в диапазоне температур  $\Delta T$ , строят зависимость скорости распространения упругих волн в керне в функции от температуры и приложенного напряжения  $V=f(T, \sigma)$ , а также зависимость скорости распространения упругих волн в массиве в функции от температуры, при этом величину вертикальных напряжений в массиве принимают равной величине напряжений в керне, при которой в них наблюдается наибольшее совпадение температурных зависимостей скорости распространения упругих волн

### Преимущества:

Погрешность определения вертикального напряжения предлагаемым способом не превышает 5%, в то время как измерения, проведенные в соответствии со способом-прототипом, показали, что он обеспечивает оценку вертикальных напряжений с погрешностью не менее 10%

### Уровень разработки технологии: TRL4

Патент № 2704086 от 23.10.2019 «Способ определения напряженного состояния массива горных пород»

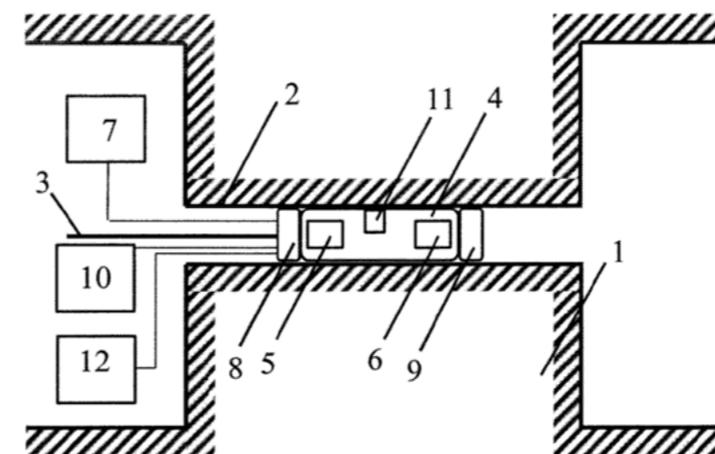


Рис. Способ определения напряженного состояния массива горных пород в окрестностях выработки. Схема проведения ультразвуковых измерений в контрольной скважине: пройденную в целике 1 измерительную скважину 2, в которой с помощью досылочной штанги 3 размещен на заданной глубине ультразвуковой зонд 4. В зонде 4 размещены излучающий акустический преобразователь 5 и приемный акустический преобразователь 6, подключенные к ультразвуковому измерительному прибору 7. На торцевых поверхностях зонда 4 закреплены электронагревательные элементы 8 и 9, подключенные к управляемому источнику питания 10. В центральной части зонда 4 закреплен с возможностью контактирования со стенками скважины 2 термоэлектрический преобразователь 11, подключенный к терморегистратору 12

## 14. КОМПЛЕКСНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ПОДЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ

### Назначение:

Применяется при строительстве и эксплуатации технически сложных подземных комплексов и сооружений (строительство метро), а также на горных предприятиях

### Новизна:

- Научное сопровождение и мониторинг технически сложных подземных комплексов, промышленных зданий и сооружений с применением автоматизированных систем мониторинга нового поколения и цифрового диагностического оборудования
- Анализ результатов мониторинга с применением технологий Big Data
- Расчеты, моделирование крепи горных выработок и строительных конструкций, обделки подземных сооружений, оценка их устойчивости в 4D постановке
- BIM-моделирование, разработка информационной модели и цифрового двойника объекта
- Разработка нормативно-технической документации для стадии строительства и эксплуатации объекта
- Сопровождение реализации проекта с применением технологии цифровых двойников

### Преимущества:

- Анализ результатов мониторинга объекта в режиме реального времени на всех стадиях жизненного цикла
- Выявление на ранних стадиях опасных процессов
- Опережающее применение управляющих воздействий
- Упрощение процедуры разработки проектной документации и прохождения государственной экспертизы
- Достоверная оценка рисков, ущербов и сроков безремонтной эксплуатации
- Снижение себестоимости проектирования и строительства
- Минимизация эксплуатационных рисков и снижение эксплуатационных расходов

### Внедрение:

Внедрена при строительстве и реконструкции горных предприятий Норильского промышленного района и подземных сооружений Московского метрополитена

Уровень разработки технологии: TRL8-9

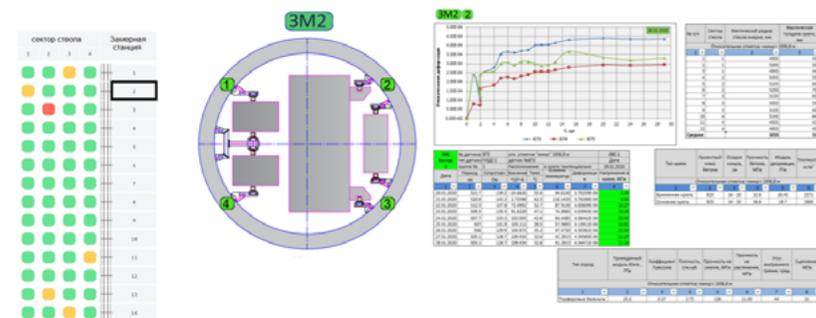


Рис. Элементы цифровой системы мониторинга

## 15. ВИЗИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОРТНОСТИ РУДЫ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАЩЕНИЯ

### Назначение:

Визиометрический анализ качества руды в процессах обогащения полезных ископаемых и контроль состава продуктов в металлургии и химии

### Новизна:

- Новый способ опережающей диагностики руды на базе оптического анализатора минерального состава
- Высокая точность визиометрического анализа достигается при использовании планшетного анализа минерального состава, устанавливаемого в схему отбора и анализа проб руды отдела технического контроля
- Получение цифрового видеоизображения руды с помощью современных телеметрических и программно-технических средств
- Получение информации в реальном времени о типе руды

### Преимущества:

- Увеличение эффективности управления
- Поддержание оптимальной степени измельчения и расхода реагентов при флотации руд текущей добычи
- Увеличение извлечения меди и молибдена в концентраты на 0,3% и 1,1%, соответственно, а также расходов реагентов на 2-3%

### Внедрение: ГОК «Эрдэнэт»

Уровень разработки технологии: TRL9

Патент № 2620103 «Способ визиометрического анализа качества руды и устройство для осуществления»

Патент № 2620024 «Способ визиометрического анализа качества руды и устройство для осуществления»



Рис. Визиометрический анализ сортности руды и управление процессами обогащения

## 16. СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

### Назначение:

Изобретение относится к области строительства и обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений в зонах многолетней мерзлоты и может быть использовано при инженерно-геологических изысканиях с целью прогноза и длительного контроля (мониторинга) устойчивости мерзлых, локально оттаянных или циклически оттаивающих грунтовых оснований инженерных объектов

### Новизна:

- Возможность выполнения долгосрочных наблюдений в режиме мониторинга
- Не требует повторения трудоемких земляных работ (бурения опытных скважин, продавливания в мерзлый грунт инденторов, среза целиков грунта), переноса и монтажа измерительных установок перед выполнением каждого нового измерения
- После размещения зондов в геосреде, измерения допустимо осуществлять в любой момент времени по команде от устройства управления, которое может работать в режиме дистанционного доступа через спутниковую связь. При этом нет принципиальных ограничений по плотности сети приемных преобразователей и глубине их размещения
- Измерения по предлагаемому способу не требуют размещения и/или перемещения на поверхности геосреды крупногабаритного оборудования

### Преимущества:

- Пригодность для определения изменения устойчивости мерзлого грунтового основания инженерного объекта по мерерастепления грунта и под действием квазистатической механической нагрузки, созданной весом этого объекта
- Исключение необходимости постоянного присутствия персонала на контролируемом объекте
- Исключение повторения трудоемких земляных работ перед выполнением каждого нового измерения
- Снижение трудоемкости контроля устойчивости мерзлого грунтового массива за счет создания возможности дистанционного и в режиме реального времени получения и интерпретации измерительной информации
- Низкая трудоемкость

### Уровень разработки технологии: TRL8

Патент № 2699385 от 05.09.2019 «Способ определения изменения устойчивости мерзлых грунтовых оснований»

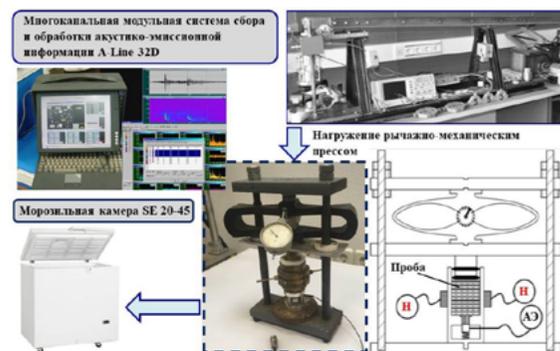


Рис. Средства измерения и испытательное оборудование

## ПРОЦЕССЫ РАЗРАБОТКИ, ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ

### 17. СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ, СОДЕРЖАЩЕГО СУЛЬФИДЫ МЕТАЛЛОВ

#### Назначение:

Может быть использовано при гидрометаллургическом извлечении цветных, редких и благородных металлов из минерального сырья, содержащего сульфиды металлов, преимущественно из концентратов и промпродуктов обогащения, богатых руд

#### Новизна:

- Одновременное применение трех экологически безвредных окислителей-ионов железа, озона и пероксида водорода приводит к образованию еще более сильных окислителей
- Концентрация 5÷30% пероксида водорода в водном растворе достаточна для создания в сочетании с озоном большой скорости окисления и растворения сульфидов, при этом расход H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> снижается по сравнению с использованием концентрированного реагента
- При сочетании окислителей озона и пероксида водорода при соотношении расхода озона к расходу пероксиду водорода 1:0,6÷0,9 достигается высокая скорость окисления сульфидов металлов

#### Преимущества:

- Снижение расхода окислителей и повышение скорости окисления обеспечивает увеличение экономичности переработки
- Сокращение продолжительности растворения сульфидов с повышением скорости окисления сульфидов металлов
- Повышение скорости окисления сульфидов металлов и экономичности переработки

#### Уровень разработки технологии: TRL5

Патент № 2739492 от 24.12.2020 «Способ переработки минерального сырья, содержащего сульфиды металлов»



Рис. Каскад реакторов для выщелачивания с перемешиванием пероксоном

## 18. СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОТРАБОТКИ

### Назначение:

Изобретение относится к горному делу, в частности к разработке полезных ископаемых открытым способом и может быть использовано при формировании техногенного месторождения и его последующей отработке

### Новизна:

- На дне выработки, предназначенной для размещения техногенного месторождения, со стороны, противоположной предотвалу устраивают дренажные колодцы
- Формирование техногенного месторождения производят поэтапно по мере формирования выработки для его размещения
- Трубы для подачи рабочего раствора и последующей откачки продуктивного раствора устанавливают заранее, причем трубы для откачки продуктивного раствора размещают вдоль центральной оси образованного техногенного месторождения с таким расчетом, чтобы их нижний конец находился в нижней части защитного слоя из мелкой фракции крепких скальных пород
- Защитный слой, располагаемый под техногенным месторождением, формируют из пород нейтрального состава, а откачку продуктивного раствора производят с задержкой времени, необходимого для его фильтрации через породу защитного слоя, расположенного под обрабатываемым техногенным месторождением

### Преимущества:

Создание техногенного месторождения совместно с формированием отвала горных пород максимальной емкости и устойчивости, а также повышение экологической безопасности горных работ и максимального извлечения полезного компонента при последующем выщелачивании созданного техногенного месторождения

**Уровень разработки технологии:** TRL 4-5

Патент № 2699097 от 03.09.2019 «Способ формирования техногенного месторождения и его последующей отработки»

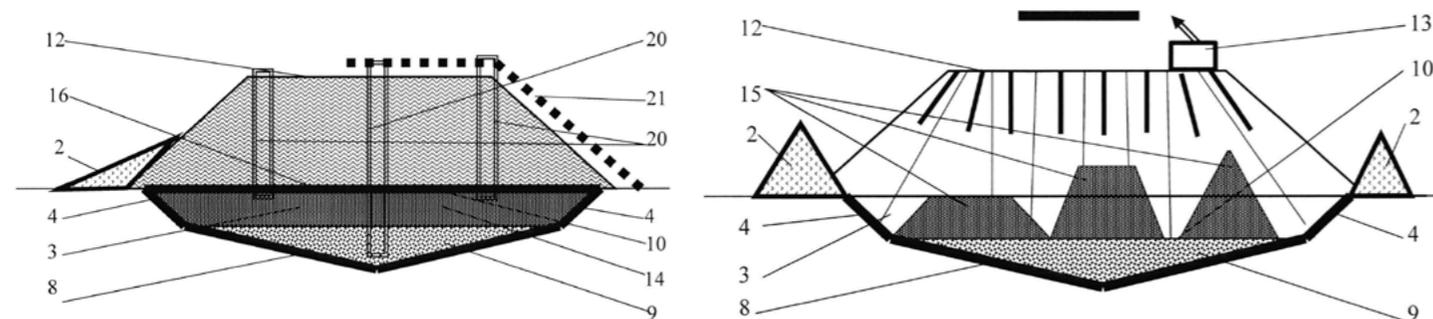


Рис. Разрезы формируемого месторождения на разных этапах, где: 2 насыпи из потенциально плодородных пород; 3 выработка, предназначенная для размещения техногенного месторождения; 4 борта выработки; 8 слой гидроизоляции; 9 защитный слой из мелкой фракции крепких скальных пород; 10 горизонтальная поверхность, служащая основанием для отсыпки некондиционной руды; 12 верхняя рабочая площадка; 13 передвижная дробилка с отвалообразователем; 14-15 конусы; 16 гидроизоляция; 20 скважины для откачки продуктивного раствора; 21 плодородный слой почвы

## 19. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБОНАТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

### Назначение:

Изобретение относится к гидрометаллургии редкоземельных элементов (РЗЭ). Может использоваться для различных областей: производства катализаторов, электронной керамики, пигмента в производстве стекла и др.

### Новизна:

- Способ включает осаждение карбоната неодима из исходного раствора нитрата неодима, фильтрацию осадка и его сушку. Исходный раствор, содержащий от 40 до 263 г/л  $Nd_2O_3$  и 4-30 г/л  $HNO_3$ , подают в 20%-ный раствор соли угольной кислоты – карбоната аммония  $(NH_4)_2CO_3$  или бикарбоната аммония  $NH_4HCO_3$  в изотермических условиях 39-44 °С при скорости перемешивания пульпы 200-1100 об/мин.
- Избыток соли угольной кислоты составляет не менее 35% от стехиометрически необходимого количества.
- При использовании карбоната аммония, исходный раствор подают со скоростью не более 1,3 кг  $Nd_2O_3$  / (кг  $(NH_4)_2CO_3$  ч), а при использовании бикарбоната аммония, исходный раствор подают со скоростью не более 0,8 кг  $Nd_2O_3$  / (кг  $NH_4HCO_3$  ч)

### Преимущества:

- Предлагаемое решение позволяет проводить фильтрацию с удельной скоростью на порядок выше по сравнению с прототипом
- Способ обеспечивает достижение приемлемой для производства удельной скорости фильтрации пульпы карбоната неодима – не менее 1 м<sup>3</sup> / (м<sup>2</sup> ч) без предварительной корректировки кислотности и концентрации  $Nd_2O_3$  исходного раствора нитрата неодима, а также снижение объема сточных вод в 1,5-2 раза
- Объем сточных вод в заявленном способе снижается в 1,5-2 раза, а производительность по карбонату неодима повышается в 2-5 раз вследствие применения более концентрированных исходных растворов по  $Nd_2O_3$  100-263 г/л

**Уровень разработки технологии:** TRL4

Патент № 2729573 от 07.08.2020 «Способ получения карбонатов редкоземельных элементов»

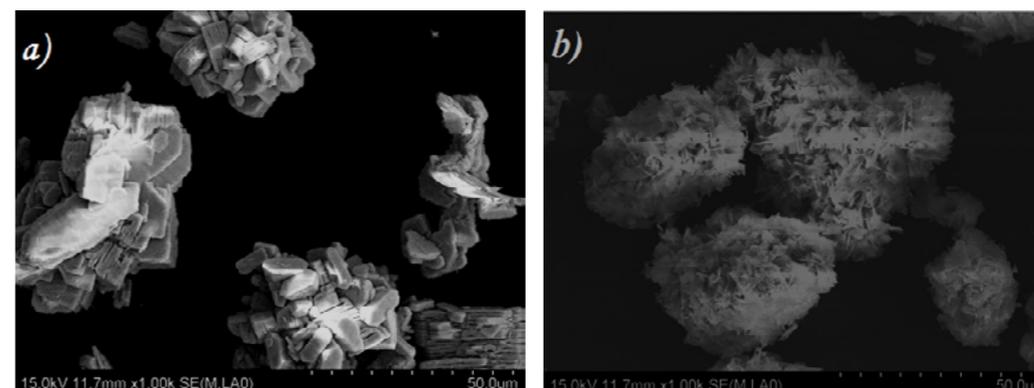


Рис. Микрофотографии карбоната неодима, полученного по технологии действующего производства (а) и запатентованной (б)

## 20. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ГЛИНОЗЕМА КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫМ СПОСОБОМ

### Назначение:

Изобретение относится к металлургии, в частности к кислотным способам получения глинозема и может быть использовано при переработке низкосортного высококремнистого алюмосодержащего сырья

### Новизна:

- Возможность переработки любого алюминиевого сырья с широким диапазоном содержания  $Al_2O_3$
- Возможность использования дешевых энергетических ресурсов с содержанием летучих компонентов до 50%
- Общие энергозатраты – не более 38 ГДж/т глинозема
- Возможность получения широкого ряда попутной продукции, обеспечивающей высокую экономическую эффективность производства

### Преимущества:

- Позволяет достичь лучших экономических показателей в сравнении с передовыми заводами, работающими по способу Байера, в пересчете на аналогичную производительность с учетом логистических затрат и затрат на инфраструктуру
- Открывается возможность производства не только глинозема, но и широкой линейки высокомаржинальной продукции, в том числе, которая не производится на территории России – высокочистый глинозем для носителей катализаторов, основ светодиодов
- Дополнительными операциями возможно выделение концентрата диоксида кремния, который также может быть сырьем от получения кремния до продуктов с высокой стоимостью – осушители, строительные материалы, и др.
- Технология позволяет организовать эффективное извлечение редкоземельных элементов из сырья

### Внедрение:

Индустриальный партнер ОАО «РУСАЛ Ачинский глиноземный комбинат»

### Уровень разработки технологии: TRL5

Патент № 2625470 от 14.07.2017 «Способ очистки алюминийсодержащих хлоридных растворов»

Патент № 2652607 от 27.04.2018 «Устройство для очистки алюминийсодержащих хлоридных растворов от железа»

Патент № 2705071 от 01.11.2019 «Способ получения металлургического глинозема кислотно-щелочным способом»



Рис. 1 Глинозем металлургического качества, соответствует ГОСТ 30558–98

Рис. 2 Экспериментальная установка получения металлургического глинозема по комплексной кислотно-щелочной технологии

## 21. СПОСОБ ВСКРЫТИЯ ЭВДИАЛИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

### Назначение:

Изобретение относится к металлургии редких металлов

### Новизна:

- Предварительную обработку проводят до суммарного количества усвоенной эвдиалитом энергии в виде поверхности областей когерентного рассеяния и микродеформаций, составляющей не менее 800 кДж/моль.
- Гидрометаллургическую обработку проводят в две стадии, при этом на первой стадии проводят щелочную обработку 40%-ным раствором NaOH при температуре 120 °С, Ж: Т не более 10:1 и продолжительностью обработки не менее 8 ч, а получаемый после щелочной обработки осадок на второй стадии подвергают обработке соляной кислотой  $HCl=30-36\%$  при температуре 90 °С, Ж: Т=10:1, в течение 1 ч.
- Обеспечивается снижение температуры щелочной обработки

### Преимущества:

- Снижение энергозатрат (за счет снижения температуры щелочной обработки) и комплексная переработка сырья с отделением основной части кремния от ценных компонентов (РЗМ и РМ)
- Возможность контролировать реакцию способностью целевой фазы активированного материала не по степени или скорости его реагирования, то есть на конечном этапе переработки, а по степени его структурных изменений сразу после извлечения из механического активатора

### Уровень разработки технологии: TRL4

Патент № 2677571 от 17.01.2019 «Способ вскрытия эвдиалитового концентрата»

Таблица 1 – Примеры практической реализации щелочной (NaOH) гидрометаллургической обработки эвдиалитового концентрата

Режимы механоактивации			Режимы щелочной обработки (1 стадия)				Скорость фильтрации пульпы, л/(м <sup>2</sup> ·мин)	Извлечение кремния в раствор, %	$\Delta E_s + \Delta E_c$ , кДж/моль эвдиалита
$M_{в-М_к}$	$F_{мд}$ , мин	$a$ , г	Ж:Т	$t$ , °С	$C_{NaOH}$ , %	$\tau_{щ}$ , ч			
-	-	-	10:1	100	40	6	4,24	1,00	-
800:40	0,5	25	10:1	100	20	6	2,65	10,40	10,42
800:40	0,5	25	10:1	100	40	6	1,77	24,63	10,42
800:40	2,5	25	10:1	100	40	6	0,07	41,96	96,82
800:10	0,5	25	10:1	130	40	6	0,10	53,27	109,29
800:10	0,5	25	10:1	120	40	8	4,24	40,33	109,29
800:10	1,0	25	10:1	100	40	6	0,07	41,73	226,18
800:10	1,5	25	10:1	100	40	6	0,07	44,72	581,72
800:10	2,0	25	10:1	100	40	6	0,07	48,38	556,92
800:10	2,5	25	10:1	100	40	6	0,07	56,16	1244,07
800:10	2,5	25	10:1	120	40	8	0,71	66,77	1244,07
800:10	3,0	25	10:1	120	40	8	4,24	48,91	521,51
800:10	5,0	25	10:1	120	40	2	0,14	67,66	5189,96
800:10	5,0	25	10:1	120	20	6	0,10	47,43	5189,96
800:10	5,0	25	10:1	120	40	6	0,14	62,41	5189,96
800:10	5,0	25	10:1	120	40	8	4,24	70,22	5189,96
800:10	3,0	35	12:1	120	40	6	0,07	59,59	790,51
800:10	4,0	35	12:1	120	40	6	0,07	63,23	2602,60
800:10	5,0	35	13:1	120	40	6	0,14	65,73	3848,84
800:10	5,0	35	10:1	120	40	8	4,24	68,01	3848,84

Рис. Пример практической реализации щелочной (NaOH) гидрометаллургической обработки эвдиалитового концентрата

## 22. СПОСОБ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ НА ПЛЯЖАХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

### Назначение:

Предназначен для всех обогатительных предприятий, складирующих отходы обогащения (хвосты), перемещаемые в виде пульпы на поверхности земли, в искусственных емкостях (хвостохранилищах), формируемых дамбами и плотинами

### Новизна:

Укрытие с ветрогасящей сеткой по площади делится на фрагменты – «противопыльные секции» Секция позволяет реализовать новый аэродинамический способ борьбы с пылью, заключающийся в том, что при любой скорости атмосферного ветра над пляжем, исключая экстремальные явления и штиль, скорость движения потоков воздуха под ветрогасящей сеткой вблизи контакта с поверхностью пляжа уменьшается многократно в сравнении со скоростью ветра, взметывание пыли прекращается или значительно уменьшается

### Преимущества:

- Сохранность укрытия пляжа при постоянном ветре большой интенсивности с надежностью, определяемой прочностью сетки, а также упрощение работ по созданию укрытия пляжа
- Надежное и эффективное снижение пылевыделения на пляжах хвостов различного состава, включая сухой летний и морозный зимний период года
- Снижение затрат на борьбу с пылением пляжей, обусловленную возможностью многократного использования предлагаемых противопыльных секций, а также возможностью эксплуатации укрытия без его регулярного обслуживания и потребления энергии
- Упрощение работ по созданию укрытия пляжа

### Уровень разработки технологии: TRL3

Патент № 2766074 от 07.02.2022 «Способ борьбы с пылью на пляжах хвостохранилищ»

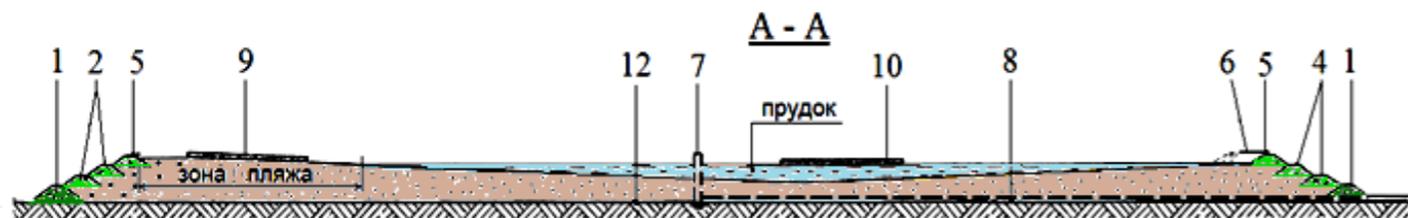


Рис. Вертикальный продольный разрез карты (по А-А), верхний продольный контур дамбы условно не показан. Хвостохранилище (гидроотвал отходов) формируется первичными дамбами обвалования 1, вторичными дамбами 2 наращивания и разделительными дамбами 3, которые делят хвостохранилище на обособленные карты намыва, обычно заполняемые поочередно. Поверх дамб отсыпаны автомобильные дороги 4, на вновь возведенных дамбах 1 или 2, по дорогам 4 с рабочих сторон карт намыва прокладываются магистральные пульпопроводы 5 с пульповыпусками 6 на эксплуатируемом магистральном пульпопроводе 5. После намыва текущего яруса и заполнения подготовленной карты хвостами пульпопровод 5 демонтируют. Дренажная система хвостохранилища включает водосбросные колодцы 7 с дренажными трубами 8. Противопыльные секции 9 укрытия расположены на пылящей части поверхности обезвоженного пляжа с намывной стороны карты, секции 10 укрытия предназначены для противоположной стороны карты с увлажненной поверхностью намываемого массива, сетка секций 9 и 10 крепится на плавучих рамах 11, примерная конструкция рамы показана на отдельных секциях, где сетка представлена условными прямоугольниками. Монтаж рамы и крепление сетки секций 9 и 10 производят в прудковой части карты преимущественно на ее сухом ложе-основании 12 до подачи пульпы, возможен монтаж на зеркале воды прудка карты с последующим перемещением секций (по стрелке) в зону пылящей части пляжа

## 23. ВЛИЯНИЕ КРИОГЕННОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ НА КАЧЕСТВО УГЛЕЙ ПРИ ИХ ДОБЫЧЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

### Назначение:

Разработанные методические рекомендации по оценке и прогнозу влияния криогенных воздействий на показатели качества углей возможно использовать при их добыче, хранении и транспортировке в условиях Крайнего Севера

### Новизна:

- Впервые получены данные об изменении структуры углей на разных масштабных уровнях под влиянием криогенных воздействий.
- Наиболее чувствительным показателем, свидетельствующим о изменении состава углей при криогенных воздействиях, является высшая теплота сгорания на сухое беззольное состояние топлива
- Впервые показано, что каменные угли более чувствительны к криогенным воздействиям в части изменения их склонности к низкотемпературному окислению по сравнению с бурыми углями.
- Установлено, что циклические низкотемпературные воздействия приводят к изменению механических свойств и способности к разрушению и пылеобразованию углей на нано- и микроуровне.
- Впервые показано, что дробимость и истираемость углей после криогенных воздействий зависит от стадии метаморфизма углей, их генотипа (для каменных углей) и содержания влаги (для бурых углей)

### Преимущества:

- Обоснованный комплекс показателей, характеризующих влияние криогенных воздействий на показатели качества угольной продукции, возможно применять в условиях Крайнего Севера

### Уровень разработки технологии: TRL1



Рис. Размещение образцов углей в климатической камере и программирование режимов криогенных воздействий

## УСТРОЙСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ

### 24. СИСТЕМА ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОГО ТОЧЕЧНОГО НАГРУЖЕНИЯ И РАЗРЫВА СТенок СКВАЖИНЫ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

#### Назначение:

Устройство для разрыва стенок скважины может быть использовано в рудниках и шахтах при проходке горных выработок, ведении горно-подготовительных и очистных работ, в скважинах или системах скважин, пробуренных во флюидонесущих массивах горных пород

#### Новизна:

- Устройство использует принцип разрыва стенки скважины растягивающими нагрузками и измерения действующих напряжений в массиве горных пород с помощью датчиков АЭ (акустической эмиссии)
- При помощи сборных штанг пользователь может сориентировать устройство в нужном направлении путем поворота по или против часовой стрелки, либо протолкнуть вглубь, повторяя процесс нагружения на стенки скважины через насос, контролируя процесс развития трещин при помощи датчиков акустической эмиссии.
- Через вновь образованные трещины в стенках скважины происходит процесс выхода флюидов из массива горных пород и повышаются ее коллекторские свойства, происходит процесс разгрузки массива

#### Преимущества:

- При помощи данного устройства можно проводить мероприятия на необходимую глубину в скальном массиве без применения взрывных работ.
- Процесс воздействия на стенки скважины можно проводить по всему ее периметру, изменяя ориентацию распорных плит путем поворота снаряда по всей глубине скважины. После разрыва стенок скважины на выбранных участках проводятся измерения с помощью известных методов объема выхода флюидов из массива горных пород и изучаются его коллекторские свойства

**Внедрение:** Апробация на объектах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» и АК «АЛРОСА» (ПАО)

**Уровень разработки технологии:** TRL6-7

Патент № 2776543 от 22.07.2022 «Система для ориентированного точечного нагружения и разрыва стенок скважины без применения взрывных работ»

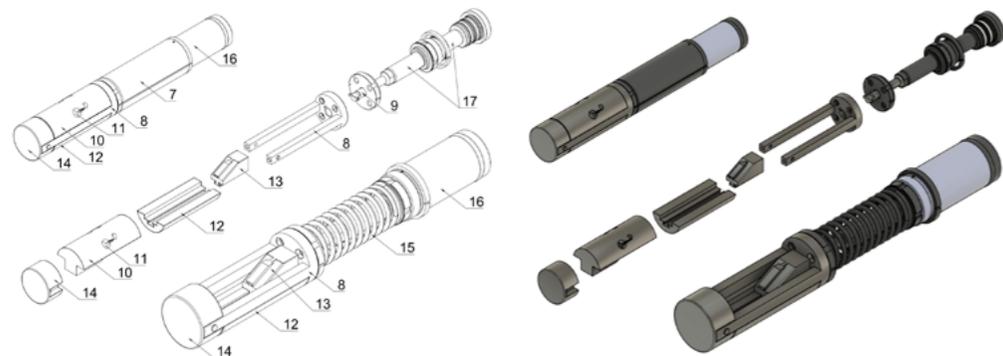


Рис. 3д визуализация конструктивных элементов системы: в исходном состоянии; рабочее устройство с гидроцилиндром без защитно-присоединительной гильзы и верхней распорной плиты (8 – входная часть корпуса рабочего устройства для крепления гильзы 7 и торцевой части 14 корпуса, 9 – шток гидроцилиндра, 10 – верхняя распорная плита с неподвижным клином, 11 – датчик акустической эмиссии, 12 – нижняя распорная плита, 13 – подвижный клин, 14 – торцевая часть корпуса рабочего устройства, 15 – возвратная пружина гидроцилиндра, 16 – корпус гидроцилиндра, 17 – рабочий поршень гидроцилиндра)

### 25. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ

#### Назначение:

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в приводах технологического оборудования, в частности, в конусной дробилке

#### Новизна:

- В устройство введена гидролиния с управляемым краном, которая соединяет обрабатываемый гидравлический насос с гидроцилиндрами подъема дробильной чаши дробилки
- Гидродемпфер связан с гидромашинной через управляемый дроссель, а параллельно дросселю установлен обратный клапан с возможностью перетекания рабочей жидкости из демпфера в гидромашину
- Управляемый дроссель выполнен с обеспечением возможности изменения степени дросселирования в процессе работы дробилки
- Между гидроцилиндрами подъема дробильной чаши и управляемым краном установлен управляемый дроссель

#### Преимущества:

- Упрощение конструкции устройства и повышение эффективности его эксплуатации: за счет автоматического подъема дробильной чаши при резком возрастании нагрузок
- Значительное снижение риска заклинивания недробимого тела и остановки дробилки под завалом
- Возможность избежать влияния высоких динамических нагрузок и перегрузок на привод и элементы дробилки при освобождении от недробимого тела

#### Внедрение:

Испытано в виде опытного образца на работающем оборудовании – конусной дробилке КСД-1200 на предприятии ООО «ПромМашКомплект»

**Уровень разработки технологии:** TRL6

Патент № 2792483 от 22.03.2023 «Гидромеханическое предохранительное устройство конусной дробилки»



Рис. 1 Установка опытного образца в привод дробилки

Рис. 2 Опытный образец

## 26. ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ДОЛОТО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И НАКЛОННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

### Назначение:

Изобретение относится к породоразрушающему инструменту, в частности к буровым долотам, предназначенным для бурения глубоких нефтегазовых скважин

### Новизна:

Изготовлен прототип корпуса долота с наплавленным износостойким покрытием, смоделирован процесс пайки режущих элементов и запрессовки гидромониторных насадок

Оптимизация конструкции долота состояла в оснащении лопастей стабилизирующими вставками и увеличении числа гидромониторных насадок до 8 для повышения эффективности промывочной системы долота

Модернизация бурового долота за счет изменения углов атаки резцов в зависимости от их удаления от центра скважины в сочетании с модернизированной системой охлаждения позволяет сбалансировать буровое PDC долото для снижения его вибрации, что повышает эксплуатационную надежность и ресурс долота

### Преимущества:

- Повышенная эксплуатационная надежность (повышенная износостойкость и коррозионная стойкость долота)
- Снижение коэффициента трения поверхностей (уменьшение или предотвращение сальникообразования)
- Обеспечение 80-100% импортозамещения в стратегически важных отраслях промышленности

**Индустриальный партнер:** Общество с ограниченной ответственностью «Инвестстрой»

**Уровень разработки технологии:** TRL8

Патент № 2625832 от 19.07.2016 «Буровое долото, армированное алмазными режущими элементами»

Патент № 2652775 от 28.04.2018 «Алмазное лопастное буровое долото»

Патент № 2653212 от 07.05.2018 «Алмазное буровое долото»



Рис. Высокоэффективное долото горизонтального и наклонного бурения

## 27. ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, РАБОТАЮЩИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ НА ОСНОВЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬЮ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ

### Назначение:

Рабочие элементы породоразрушающего инструмента для работы в условиях Арктики

### Новизна:

Создано новое поколение иерархических крупнозернистых твердых сплавов с наномодифицированной связкой из отечественных порошков карбида вольфрама

### Преимущества:

- Повышенная трещиностойкость и износостойкость
- Повышение предела прочности при изгибе
- Увеличение ресурса инструмента (горных резцов) до двух раз
- Возможность эксплуатации инструмента в условиях пониженных температур без водяного охлаждения, что повысит эффективность добычи полезных ископаемых месторождений, расположенных в Арктическом регионе
- Снижение на 10-30% затрат на замену вышедших в процессе эксплуатации из строя резцов

**Внедрение:** АО «Завод технической керамики»

**Уровень разработки технологии:** TRL6

Патент № 2687355 от 13.05.2019 г. «Способ получения твердых сплавов с округлыми зернами карбида вольфрама для породоразрушающего инструмента»



Рис. Высокоэффективное иерархические твердые сплавы с повышенной трещиностойкостью и износостойкостью

## 28. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЖИДКОСТЬ НАХОДЯЩУЮСЯ В СИСТЕМЕ СКВАЖИНА-УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ

### Назначение:

Может быть использовано в горной промышленности для дегазации угольных пластов с целью повышения безопасности работ в шахтах, а также для добычи метана из угольных пластов с последующим использованием его в промышленности

### Новизна:

- Устройство для пульсирующего воздействия на жидкость, находящуюся в системе скважина-пласт, включает несущую платформу с электродвигателем, редуктором, трубопровод для подачи жидкости с односторонним клапаном и насос высокого давления, цилиндрическую муфту, переходной фланец, планшайбу с уплотнительными кольцами с пропущенной через неё поршневой штангой, имеющей на конце гидравлический поршень с прорезиненными манжетами кругового вращения
- Поршневая штанга на конце снабжена вращающимся роликом
- Вал, на котором расположен эксцентрик, и вал редуктора соединены при помощи шлицевого соединения с возможностью перемещения в продольном направлении относительно друг друга, причем вал эксцентрика и вал редуктора соосно закреплены на жестко связанных между собой опорах, установленных так, чтобы ось вращения эксцентрика и ось движения поршневой штанги пересекались под прямым углом, а эксцентрик контактировал с роликом на конце поршневой штанги

### Преимущества:

Повышение надежности конструкции и возможность поддержания оптимальных параметров пульсирующего воздействия на жидкость в системе скважина-пласт во время его проведения

**Уровень разработки технологии:** TRL4-5

Патент № 2699099 от 03.09.2019 «Устройство для пульсирующего воздействия на жидкость находящуюся в системе скважина-угольный пласт»

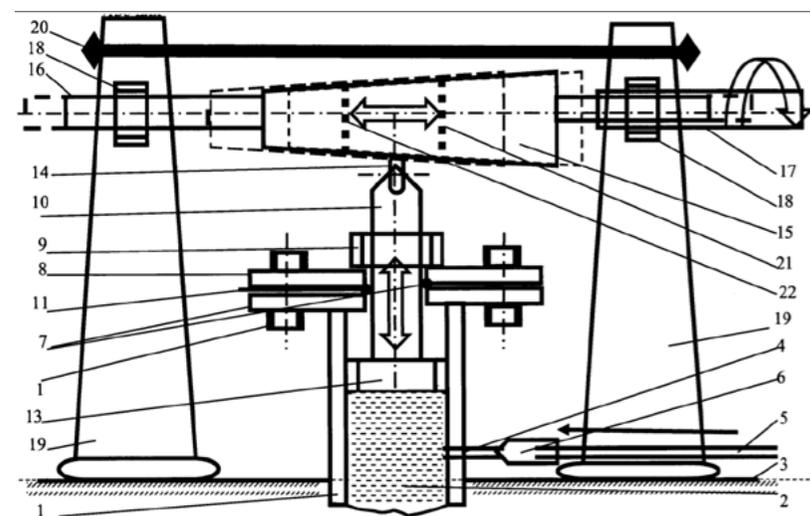


Рис. Конструкция предлагаемого устройства: пробуренная скважина 1; пульсирующее воздействие на жидкость 2; уровень поверхности 3; штуцер 4; трубопровод 5; односторонний клапан 6; муфта 7; переходной фланец 8; планшайба 9; поршневая штанга 10; уплотнительные кольца 11; болты 12; гидравлический поршень с прорезиненными манжетами кругового вращения 13; ролик 14; эксцентрик 15; вал 16; вал редуктора 17; подшипники 18; опоры 19; стяжки 20

## ЦЕНТР ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ «ПЛАТФОРМА ОТКРЫТЫХ ИННОВАЦИЙ МИСИС»

### Сетевое сотрудничество

Центр трансфера технологий формирует партнёрскую сеть в целях взаимодействия по вопросам развития технологий, инноваций по направлениям специализации: материаловедение, металлургия, горное дело.

Создание сети направлено на решение следующих задач:

- организация сетевого взаимодействия, включая обмен знаниями и опытом, информацией о технологических (инновационных) запросах и предложениях по направлениям специализации сети;
- оказание содействия трансферу технологий, включая поиск потребителей и поставщиков технологий, формирование инновационных предложений, в том числе посредством цифровой платформы «Открытые инновации МИСИС» [www.innovations.misis.ru](http://www.innovations.misis.ru);
- оказание содействия внедрению инновационных разработок, современных технологических и производственных решений по направлениям специализации сети;
- создание общего информационного пространства для обеспечения трансфера технологий по направлениям специализации сети при использовании платформы «Открытые инноваций МИСИС»;
- информационное продвижение инициатив и результатов работы участников сети.

### Цифровое решение принципа «открытые инновации»

Цифровой инструмент сопоставления технологических запросов и технологических предложений, представленных партнерами сети ЦТТ МИСИС позволяет гибко настраивать и структурировать данные, осуществлять поиск по установленным категориям и ключевым словам, визуализировать поиск на технологическом радаре, организовывать рабочее место техноброкера и технологического скаута.

### Услуги ЦТТ для партнеров

- проведение маркетинговых исследований и для выявления наиболее перспективных областей развития технологий;
- проведение тематических выставочно-ярмарочных мероприятий по направлениям: материаловедение, металлургия и горное дело для установления коммуникации и трансфера знаний и технологий;
- содействие партнерам сети при заключении договоров НИОКР и договоров на использование, распоряжение исключительным правом на РИД;
- поиск потенциальных партнеров инновационной экосистемы для возможности реализации совместных проектов;
- проведение технологического скаутинга по заявленным технологическим вопросам и возможностям;
- содействие в обеспечении правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности (РИД) организаций-партнеров
- проведение патентных исследований
- подготовка и оформление пакета документов необходимых при распоряжении правами на РИД







Москва, Ленинский проспект, д.4 стр.1  
+7 495 638 45 19  
[imcenter@misis.ru](mailto:imcenter@misis.ru)

