



## **Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)"**

Постановление Правительства Республики Казахстан от 8 декабря 2023 года № 1101

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан Правительство Республики Казахстан **ПОСТАНОВЛЯЕТ**:

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)".

2. Настоящее постановление вводится в действие со дня его подписания.

*Премьер-Министр  
Республики Казахстан*

*А. Смаилов*

Утвержден  
постановлением Правительства  
Республики Казахстан  
от 8 декабря 2023 года № 1101

### **Справочник**

**по наилучшим доступным техникам**

**"Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)"**

### **Оглавление**

Оглавление

Список схем/рисунков

Список таблиц

Глоссарий

Предисловие

Область применения

Принципы применения

1. Общая информация

1.1. Структура и технологический уровень отрасли

1.1.1. Объекты по видам технологического процесса

1.1.2. Объекты по сроку эксплуатации

1.1.3. Объекты по географической принадлежности

1.1.4. Объекты по производственным мощностям и видам выпускаемой продукции

1.2. Минерально-сырьевая база

1.3. Техничко-экономические показатели отрасли

1.4. Потребление энергетических, сырьевых и водных ресурсов

1.5. Основные экологические проблемы

- 1.5.1. Основные экологические проблемы при открытой и подземной разработке и добыче, обогащении
- 1.5.2. Воздействие при проведении геологоразведочных работ
- 1.5.3. Воздействие на флору и фауну
- 1.5.4. Воздействие при ликвидации и рекультивации
2. Методология определения наилучших доступных техник
  - 2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ
  - 2.2. Критерии отнесения техник к НДТ
  - 2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ
    - 2.3.1 Подходы к экономической оценке НДТ
    - 2.3.2 Способы экономической оценки НДТ
    - 2.3.3 Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду
    - 2.3.4 Расчет на установке
3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
  - 3.1. Открытая добыча руд цветных металлов (включая драгоценные)
    - 3.1.1. Снятие ПСП и его складирование
    - 3.1.2. Вскрытие карьерного поля
    - 3.1.3. Вскрышные работы
    - 3.1.4. Системы разработки
    - 3.1.5. Буровзрывные работы
    - 3.1.6. Добыча руды
    - 3.1.7. Транспортировка
    - 3.1.8. Первичное дробление и измельчение руды
    - 3.1.9. Обращение со вскрышными породами
    - 3.1.10. Карьерный водоотлив
  - 3.2. Подземная добыча руд цветных металлов (включая драгоценные)
    - 3.2.1. Вскрышные работы
    - 3.2.2. Подготовка
    - 3.2.3. Системы разработки
    - 3.2.4. Крепление выработок
    - 3.2.5. Отбойка и дробление руды
    - 3.2.6. Доставка и выпуск руды
    - 3.2.7. Транспортировка и подъем
    - 3.2.8. Поддержание выработанного пространства
    - 3.2.9. Обращение с пустыми породами
    - 3.2.10. Шахтный водоотлив
    - 3.2.11. Рудничная вентиляция

3.3. Комбинированный способ добычи руд цветных металлов (включая драгоценные)

3.4. Обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)

3.4.1. Подготовительные процессы: дробление и грохочение, измельчение и классификация

3.4.2. Основные методы обогащения

3.4.3. Химические процессы в комбинированных схемах обогащения

3.4.4. Вспомогательные процессы

3.4.5. Аппараты для обогащения руд цветных металлов

3.4.6. Технология обогащения руд цветных металлов (включая драгоценные)

3.4.7. Складирование, транспортирование

3.4.8. Сточные воды обогатительных фабрик, их очистка и использование

3.4.9. Хвостовое хозяйство

4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

4.1 Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды

4.2 Внедрение систем экологического менеджмента

4.3 Внедрение систем энергетического менеджмента

4.4 Мониторинг эмиссий

4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

4.5. Проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования и техники

4.6. Управление водными ресурсами

4.7. Управление отходами

4.8. Управление технологическими остатками

4.9. Снижение уровней физического воздействия

4.10. Рекультивация нарушенных земель

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

5.1. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе

5.1.1. Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием

5.1.2. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) (печи, котлы и т. д.)

5.1.3. Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения

5.2. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения

5.2.1. Применение частотно-регулируемого привода на различном оборудовании (конвейерное, вентиляционное, насосное и т. д.)

5.2.2. Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности

5.2.3. Применение энергосберегающих осветительных приборов

5.2.4. Применение устройств компенсации реактивной мощности, а также фильтро-компенсирующих устройств, для фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности в электрических сетях предприятий

5.2.5. Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании

5.2.6. Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса

5.3. НДТ, направленные на обеспечение стабильности производственного процесса

5.3.1. Обеспечение стабильности процесса добычи руд

5.3.2. Обеспечение стабильности процесса обогащения руд цветных металлов

5.4. НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух

5.4.1. НДТ, направленные на предотвращение неорганизованных эмиссий в атмосферный воздух

5.4.2. НДТ, направленные на предотвращение организованных эмиссий в атмосферный воздух

5.5. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод

5.5.1. Управление водным балансом горнодобывающего предприятия

5.5.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод

5.5.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры

5.5.4. Применение современных методов очистки сточных вод

5.6. НДТ, направленные на сокращение воздействия отходов процессов добычи и обогащения

5.6.1. Использование отходов добычи и обогащения в качестве сырья или добавки к продукции во вторичном производстве и строительных материалов

5.6.2. Использование пресс-фильтров для обезвоживания отходов обогащения

5.6.3. Использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения

5.6.4. Использование отходов при заполнении выработанного пространства

5.6.5. Использование отходов при ликвидации горных выработок

5.6.6. Переработка отходов добычи и обогащения (вторичные минеральные ресурсы, техногенные месторождения) с целью извлечения основных и попутных ценных компонентов

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

6.1. Общие НДТ

6.1.1. Система экологического менеджмента

6.1.2. Управление энергопотреблением

6.1.3. Управление процессами

- 6.1.4. Мониторинг выбросов
- 6.1.5. Мониторинг сбросов
- 6.1.6. Управление водными ресурсами
- 6.1.7. Шум
- 6.1.8. Запах
- 6.2. Снижение эмиссий загрязняющих веществ.
  - 6.2.1. Снижение выбросов от неорганизованных источников.
  - 6.2.2. Снижение выбросов от организованных источников.
- 6.3. Снижение сбросов сточных вод
- 6.4. Управление отходами
- 6.5. Требования по ремедиации
- 7. Перспективные техники
  - 7.1. Перспективные техники в области добычи цветных руд открытым и подземным способом
    - 7.1.1. Беспилотная техника
    - 7.1.2. Беспилотные тяговые агрегаты
    - 7.1.3. Автосамосвалы на альтернативных источниках энергии
    - 7.1.4. Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами
    - 7.1.5. Применение систем высокоточного позиционирования ковша для забойных экскаваторов
    - 7.1.6. Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ
    - 7.1.7. Автоматизация процессов добычных работ в подземных условиях
    - 7.1.8. Высокопроизводительная проходка горных выработок
    - 7.1.9. Использование сплавов и износостойких материалов
    - 7.1.10. Автоматизированный аппаратный контроль состояния ствола, подъемных сосудов, канатов
    - 7.1.11. Интеллектуальный карьер
    - 7.1.12. Цифровизация управления процессами железнодорожной перевозки горной массы
  - 7.2. Перспективные техники в области обогащения цветных руд
    - 7.2.1. Метод бесцианидного выщелачивания
    - 7.2.2. Метод подземного выщелачивания
  - 7.3. Перспективные техники предотвращения и (или) сокращения выбросов
    - 7.3.1. Использование керамических фильтров для снижения выбросов твердых частиц и оксидов азота в газовых потоках
    - 7.3.2. Технология САТОХ
    - 7.3.3. Мультивихревые гидрофильтры (МВГ)

7.3.4 Использование метода пастового сгущения при сухом складировании хвостов обогащения руд цветных металлов

7.3.5 Сухая система газоочистки с вдуванием адсорбента MEROS

7.3.6 Использование отходов полиэтилена и полипропилена с последующей температурной обработкой до сплавления с поверхностью хвосто- и шламохранилища

7.3.7 Закрепление пылящих поверхностей хвостохранилищ путем нанесения на поверхность меловой суспензии с последующей обработкой ее разбавленным раствором серной кислоты

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

## Список схем/рисунков

Рисунок 1.1.	Структура производства металлургической отрасли Казахстана
Рисунок 1.2.	Доля отечественной добычи золота
Рисунок 1.3.	Количество горнодобывающих предприятий цветной металлургии
Рисунок 1.4.	Объемы производства золота за 2020 год в разрезе регионов и компаний
Рисунок 1.5.	Объемы выпуска металлургической продукции в денежном эквиваленте, трлн тг
Рисунок 1.6.	Объем производства в разрезе регионов за январь-декабрь 2021 г., млрд тенге
Рисунок 1.7.	Инвестиции в недропользование по различным видам металлов
Рисунок 1.8.	Структура экспорта горнодобывающей промышленности РК
Рисунок 1.9.	Схема взаимодействия а -карьера и б - подземного рудника (шахты) с окружающей средой
Рисунок 1.10.	Основные источники и виды загрязнения атмосферы при проведении горных работ
Рисунок 1.11.	Потоки вод в зоне дамбы хвостохранилища, где нет плотного основания
Рисунок 3.1.	Схема основных технологических процессов горнодобывающего предприятия
Рисунок 3.2.	Схема технологического процесса открытых горных работ
Рисунок 3.3.	Параметры наклонной траншеи
Рисунок 3.4.	Системы открытой разработки
Рисунок 3.5.	Буровые станки, используемые на карьерах
Рисунок 3.6.	Транспортировка руды, а - железнодорожным, б- автомобильным и в - конвейерным транспортом
Рисунок 3.7.	Принципиальная схема работы дробилки
Рисунок 3.8.	Схемы одностадийного дробления в а - открытом цикле и б - закрытом цикле

Рисунок 3.9.	Внешний вид отвала вскрышных пород
Рисунок 3.10.	Традиционная схема циркуляции воды
Рисунок 3.11.	Комплекс проходческий КПВ-4А
Рисунок 3.12.	Классификация комплекса рабочих процессов при производственной стадии очистных работ
Рисунок 3.13.	Конструкция комбинированного крепления горных выработок
Рисунок 3.14.	Внешний вид машин для крепления выработок анкерами
Рисунок 3.15.	Внешний вид буровых станков, применяемых на рудниках
Рисунок 3.16.	Внешний вид скреперных лебедок
Рисунок 3.17.	Внешний вид транспортно-доставочных погрузочных машин
Рисунок 3.18.	Насосная камера шахтного воодотлива
Рисунок 3.19.	Типы применяемых вентиляторов местного проветривания на рудниках и шахтах РК
Рисунок 3.20.	Схема технологического этапа переработки руд
Рисунок 3.21.	Принципиальная схема выщелачивания золота
Рисунок 3.22.	Флотомшины
Рисунок 3.23.	Схема обогащения руд на обогатительной фабрике В14 №1
Рисунок 3.24.	Схема обогащения руд на обогатительной фабрике В14 №2
Рисунок 3.25.	Технологическая схема переработки окисленных руд методом кучного выщелачивания
Рисунок 3.26.	Баланс сырья и продукции завода по переработке окисленных руд
Рисунок 3.27.	Зависимость извлечения руды от общего производства меди по заводу окисленных руд фабрики СЗ
Рисунок 3.28.	Схема прямой селективной флотации медно-цинковых руд
Рисунок 3.29.	Коллективно-селективная схема обогащения медно-цинковых руд
Рисунок 3.30.	Схема обезжелезивания и обезжелезнения цинкового концентрата
Рисунок 3.31.	Технологическая схема селекции коллективных медно-никелевых концентратов
Рисунок 3.32.	Технологическая схема и режим флотации медно-молибденовых руд с использованием ферроцианида
Рисунок 3.33.	Технологическая схема и режим флотации медно-молибденовых руд с использованием при селекции декстрина и обжига
Рисунок 5.1.	Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным

Рисунок 5.2.	Мельницы самоизмельчения
Рисунок 5.3.	Схема грохота с мультипитателем
Рисунок 5.4.	Бисерная вертикальная мельница
Рисунок 5.5.	Общий вид колонных флотомашин
Рисунок 5.6.	Классификация ионных флокулянтов
Рисунок 5.7.	Схема распределения потоков в рабочей зоне вакуум-фильтра
Рисунок 5.8.	Керамический дисковый вакуумный фильтр
Рисунок 5.9.	Карта удельно-электрического сопротивления на площадке КВ
Рисунок 5.10.	Разрез электросопротивления грунтов через площадку КВ
Рисунок 5.11.	Движение воздушно-водяной смеси при мокром методе пылеподавления
Рисунок 5.12.	Схема движения воды при мокром бурении скважин и шпуров ручными перфораторами
Рисунок 5.13.	Схема пылеулавливающей установки
Рисунок 5.14.	Модель движения воздушно-пылевой смеси в укрытии при использовании полок
Рисунок 5.15.	Генератор тумана, используемый для снижения пыли в забое
Рисунок 5.16.	Воздухоочистительная установка, размещенная на сопряжении у устья выработки по ходу вентиляционной струи
Рисунок 5.17.	Воздухоочистительная установка, размещенная в забое выработки
Рисунок 5.18.	Использование ветровых экранов
Рисунок 5.19.	Схема устройства электрофильтра (показаны только две зоны)
Рисунок 5.20.	Конструкция рукавного фильтра
Рисунок 5.21.	Радиальный мокрый скруббер
Рисунок 5.22.	Методы очистки сточных вод
Рисунок 5.23.	Схема песчаного фильтра
Рисунок 5.24.	Схема процессов коагуляции и флокуляции
Рисунок 5.25.	Диаграмма использования вяжущих (а) и инертных материалов (б) в закладочных работах (%)
Рисунок 5.26.	Схема цепи аппаратов автономного мобильного технологического комплекса по переработке и утилизации техногенных и природно-техногенных месторождений
Рисунок 7.1.	Мировой опыт внедрения беспилотных технологий
Рисунок 7.2.	Принципиальная схема САТОХ
Рисунок 7.3.	Хвостохранилище
Рисунок 7.4	Виды сгустителей

## Список таблиц



Таблица 1.1.	Основные месторождения руд цветных металлов (включая драгоценные) и перечень эксплуатирующих их предприятий по данным КТА
Таблица 1.2.	Производство промышленной продукции в ГМК в натуральном выражении в Республике Казахстан за 2021 год
Таблица 1.3.	Запасы цветных и драгоценных руд в Казахстане
Таблица 1.4.	Потребление электрической энергии на предприятиях Казахстана
Таблица 1.5.	Воздействие на окружающую среду горнодобывающего предприятия на разных этапах деятельности
Таблица 2.1.	Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды
Таблица 2.2.	Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества
Таблица 3.1.	Текущие объемы потребления энергетических ресурсов
Таблица 3.2.	Типы применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)
Таблица 3.3.	Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА)
Таблица 3.4.	Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)
Таблица 3.5.	Объемы выбросов пыли при проведении вскрышных работ
Таблица 3.6.	Классификация систем разработки по Н. В. Мельникову
Таблица 3.7.	Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)
Таблица 3.8.	Взрывчатые вещества, используемые на действующих карьерах по добыче руд цветных металлов в Республике Казахстан (по данным КТА)
Таблица 3.9.	Объемы выбросов пыли при проведении буровзрывных работ
Таблица 3.10.	Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)
Таблица 3.11.	Подземные дробильные комплексы первичного дробления руды на горнодобывающих предприятиях РК
Таблица 3.12.	Отходы при открытой добыче цветных руд (по данным КТА)

Таблица 3.13	Валовые сбросы основных загрязняющих веществ при добыче руд цветных металлов
Таблица 3.14.	Текущие объемы потребления энергетических ресурсов
Таблица 3.15.	Классификация способов вскрытия рудных месторождений
Таблица 3.16.	Классификация способов и схем подготовки рудных месторождений
Таблица 3.17.	Единая классификация систем подземной разработки рудных месторождений
Таблица 3.18.	Общие сведения о типах применяемого оборудования на рудниках и шахтах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)
Таблица 3.19.	Взрывчатые вещества, используемые на действующих рудниках по добыче руд цветных металлов в Республике Казахстан
Таблица 3.20	Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА)
Таблица 3.21.	Классификация способов доставки руды
Таблица 3.22.	Общие сведения о типах применяемого оборудования на рудниках и шахтах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)
Таблица 3.23.	Способы поддержания очистного пространства
Таблица 3.24	Отходы производства при подземной добыче руд цветных металлов, их применение и методы размещения
Таблица 3.25	Валовые сбросы основных загрязняющих веществ при добыче руд цветных металлов (по данным КТА)
Таблица 3.26.	Содержание металлов в руде и концентратах, требуемое для металлургического передела
Таблица 3.27.	Текущие объемы потребления энергетических ресурсов
Таблица 3.28	Выбросы пыли в атмосферный воздух при дроблении и грохочении, измельчении, классификации (по данным КТА)
Таблица 3.29	Основные минералы, входящие в состав руд цветных металлов
Таблица 3.30	Технические требования к цинковым концентратам и продуктам
Таблица 5.1.	Влияние подпорной стенки на показатели взрывания пород
Таблица 5.2.	Расход солей для гидрозабойки при отрицательных температурах воздуха
Таблица 5.3.	Параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24
Таблица 5.4.	Эффективность очистки газа в циклоне
Таблица 5.5.	Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров
Таблица 5.6.	Сравнение различных систем рукавных фильтров

Таблица 5.7.	Использование отходов горнодобывающей промышленности в отраслях
Таблица 6.1.	Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с дроблением, классификацией (грохочением), транспортировкой, хранением
Таблица 6.2.	Технологические показатели выбросов пыли при обогащении руд цветных металлов (включая драгоценные), в том числе при процессах гидрометаллургии
Таблица 6.3.	Технологические показатели сбросов карьерных и шахтных сточных вод при добыче руд цветных металлов (включая драгоценные), поступающих в поверхностные водные объекты
Таблица 7.1.	Преимущества использования пастовых сгустителей на хвостохранилищах

## Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)" (далее – справочник по НДТ). Определения терминов в этом глоссарии не являются юридическими определениями (даже если некоторые из них могут совпадать с определениями, приведенными в нормативных правовых актах Республики Казахстан).

Глоссарий представлен следующими разделами:

- термины и их определения;
- аббревиатуры и их расшифровка;
- химические элементы;
- химические формулы;
- единицы измерения.

## Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

агрегат	-	совокупность конструктивно связанных технологического оборудования и устройств, обеспечивающая проведение комплексного металлургического процесса в условиях массового и поточного производства;
сточные воды	-	воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека или на загрязненной территории;

подуступ	-	часть уступа по его высоте, разрабатываемая самостоятельными средствами отбойки и погрузки, обслуживаемая общим для всего уступа транспортом;
вскрыша	-	объем пустых пород, извлекаемый при разработке залежи и отправляемый в отвалы (как правило, не используемый в горно-металлургическом переделе);
открытая разработка	-	разработка месторождения полезных ископаемых с применением открытых горных выработок;
вскрытые запасы	-	вскрытыми считают запасы, для разработки которых произведены все работы по вскрытию залежи или ее части, пройдены дренажные выработки и имеются транспортные пути, съезды и траншеи, удалены покрывающие породы;
забалансовые запасы	-	запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно вследствие низкого содержания, малой мощности, незначительного количества, сложности условий разработки и переработки;
балансовые запасы	-	запасы, использование которых экономически целесообразно и которые удовлетворяют определенным требованиям (кондициям) для их подсчета в недрах;
блок	-	часть уступа, самостоятельно отбитая или отрабатываемая в данное время и имеющая свою ширину, длину и высоту;
боксит	-	глиноземсодержащая руда, состоящая из гидратов оксида алюминия, оксидов железа и кремния, сырье для получения глинозема и глиноземсодержащих огнеупоров;
тонна условного топлива (т у.т.)	-	единица измерения энергии, равная 29,3 ГДж, определяется как количество энергии, выделяющееся при сгорании 1 тонны каменного угля;

подготовленные запасы	-	запасы из числа вскрытых, не зачищенных от породы после экскавации по кровле уступа мощностью до 0,5 м, а с боков – до 1 м;
сплав Доре	-	золото-серебряный сплав, получаемый на золоторудных месторождениях и отправляемый на аффинажные заводы для последующей очистки;
движущая сила внедрения	-	причины реализации технологии, например, другое законодательство, улучшение качества продукции;
наилучшие доступные техники	-	наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду;
подземная разработка	-	разработка месторождения полезных ископаемых с применением подземных горных выработок;
ширина рабочей площадки	-	часть уступа в виде горизонтальной площадки, где размещается выемочное, буровое оборудование, транспортные пути, а также бермы безопасности и прочие площади, необходимые для отработки горизонта;
классификация	-	разделение измельченного продукта неоднородного по размеру частиц на две или более фракции частиц определенного размера с помощью классифицирующего устройства;
удельный расход потребления ТЭР	-	единица измерения, используемая для определения энергетической емкости производственного ( технологического) процесса; производственная единица горного предприятия,

карьер	-	осуществляющая добычу полезных ископаемых открытыми горными работами;
борт карьера	-	боковая поверхность, ограничивающая карьер, образованная совокупностью откосов и площадок уступов;
рабочий угол борта карьера	-	образуемый линией, соединяющей все верхние бровки рабочих уступов с их рабочими площадками и ближайшим горизонтом;
нерабочий угол борта (угол погашения борта) карьера	-	предельный угол борта карьера, после постановки его в конечное положение, т. е. на конечной глубине карьера, как угол, составленный линией, соединяющей нижнюю бровку последней траншеи со всеми вышележащими верхними бровками уступов и подошвой последней траншеи;
уступ карьера	-	часть борта карьера в форме ступени, разрабатываемая самостоятельными средствами отбойки, погрузки и транспорта;
котел-утилизатор	-	котел, использующий ( утилизирующий) теплоту отходящих газов различных технологических установок – дизельных или газотурбинных установок, обжиговых и сушильных барабанных печей, вращающихся и туннельных технологических печей;
квершлаг	-	горизонтальная или наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная по вмещающим породам вкрест простирания или под некоторым углом к линии простирания месторождения и используемая для транспортирования полезного ископаемого, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи;
		минеральные или различные накопленные полезные ископаемые (металлы), имеющие

руда	-	<p>достаточную ценность с точки зрения качества и количества, которые можно добывать с прибылью. Большинство руд – это смеси извлекаемых минералов, металлов и вмещающих пород, именуемых как "пустые".</p>
вскрытие месторождения	-	<p>проходка выработок, открывающая доступ от поверхности земли к месторождению или его части и обеспечивающая возможность проведения подготовительных горных выработок;</p>
подготовка месторождения	-	<p>проходка выработок, осуществляемая после вскрытия и обеспечивающая возможность ведения очистных работ;</p>
разработка месторождения	-	<p>совокупность работ по вскрытию и подготовке месторождения и очистной выемке полезного ископаемого;</p>
запасы месторождения или залежи	-	<p>количество полезного ископаемого, выраженное в тоннах или м<sup>3</sup>;</p>
мощность залежи или рудного тела	-	<p>расстояние по нормали ( нормальная мощность) между висячим и лежачим боками, и горизонтальная мощность – расстояние между боками по горизонтали, которая равна частному от деления нормальной мощности на косинус угла падения;</p>
комплексный подход	-	<p>подход, учитывающий более чем одну природную среду. Преимущество данного подхода состоит в комплексной оценке воздействия предприятия на окружающую среду в целом. Это уменьшает возможность простого переноса воздействия с одной среды на другую без учета последствий для такой среды. Комплексный (межкомпонентный) подход требует серьезного взаимодействия и координации деятельности различных органов ( ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т. д.).</p>

комплексный технологический аудит (КТА)	-	<p>процесс экспертной оценки применяемых на предприятиях техник (технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений), направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе путем сбора соответствующих сведений и (или) посещений объектов, подпадающих под области применения наилучших доступных техник;</p>
кондиции	-	<p>условия, конкретные значения параметров по которым оцениваются запасы и в качестве которых выступают содержание, минимальная мощность, минимальный метро– процент, минимальный коэффициент рудоносности и другие;</p>
бестранспортная система разработки	-	<p>система, при которой отсутствует какой-либо вид транспорта, а перемещение вскрышных пород осуществляется самим выемочным оборудованием и применяется при отработке относительно пологозалегающих залежей при небольшой мощности покрывающих пород;</p>
транспортная система разработки	-	<p>система, при которой используется один или несколько видов транспорта (колесный, рельсовый, конвейерный, скреперный и т.п.) для перемещения вскрышных пород как внутри карьерного поля, так и за его пределы;</p>
кросс-медиа эффекты	-	<p>возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому. Любые побочные эффекты и отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии.</p>
этаж	-	<p>часть шахтного поля, расположенная между соседними откаточным и вентиляционным горизонтами;</p> <p>запасы из числа вскрытых, выемка которых возможна без нарушения правил технической эксплуатации</p>



запасы, готовые к выемке	-	и безопасности, а также при обеспечении полноты выемки по высоте и ширине каждого уступа;
выработанное пространство	-	пространство, образующееся после извлечения полезных ископаемых очистными работами;
рекуперация	-	возвращение части материала или энергии, расходуемых при проведении того или иного технологического процесса, для повторного использования в том же процессе;
утилизация отходов	-	процесс использования отходов в иных помимо переработки целях, в том числе в качестве вторичного энергетического ресурса для извлечения тепловой или электрической энергии, производства различных видов топлива, а также в качестве вторичного материального ресурса для целей строительства, заполнения (закладки, засыпки) выработанных пространств (пустот) в земле или недрах или в инженерных целях при создании или изменении ландшафтов;
переработка отходов	-	механические, физические, химические и (или) биологические процессы, направленные на извлечение из отходов полезных компонентов, сырья и (или) иных материалов, пригодных для использования в дальнейшем в производстве (изготовлении) продукции, материалов или веществ вне зависимости от их назначения;
опасные вещества	-	вещества или группы веществ, которые обладают одним или несколькими опасными свойствами, такими как токсичность, стойкость и биоаккумулятивность, или классифицируются как опасные для человека или окружающей среды;
достигнутые экологические выгоды	-	основное воздействие на окружающую среду, которое должно рассматриваться с помощью технологии (процесса)

действующая установка	-	<p>или борьбы), включая достигнутые значения выбросов и эффективность работы;</p> <p>стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятии) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (или) модернизированные установки после введения в действие настоящего справочника по НДТ.</p>
коэффициент извлечения запасов	-	<p>отношение количества извлеченного полезного ископаемого к его первоначально установленному запасу в выработанном месторождении или его части;</p>
воздействие на окружающую среду	-	<p>любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов объекта;</p>
сгущение	-	<p>процесс обезвоживания путем повышения концентраций твердого компонента в пульпе вследствие осаждения твердых частиц в гравитационном, центробежном или комбинированном поле с одновременным удалением (сливом) слоя очищенной воды;</p>
штрек	-	<p>горизонтальная или с углом наклона обычно не более 3° выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная по простираению наклонно залегающего месторождения полезного ископаемого или в любом направлении при горизонтальном его залегании;</p>
разубоживание	-	<p>уменьшение содержания полезных компонентов в полезном ископаемом в процессе его добытия по сравнению с содержанием их в массиве;</p>

загрязняющее вещество	-	любые вещества в твердом, жидком, газообразном или парообразном состоянии, которые при их поступлении в окружающую среду в силу своих качественных или количественных характеристик нарушают естественное равновесие природной среды, ухудшают качество компонентов природной среды, способны причинить экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека;
сброс загрязняющих веществ	-	поступление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, недра или на земную поверхность;
выброс загрязняющих веществ	-	поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;
маркерные загрязняющие вещества	-	наиболее значимые для эмиссий конкретного вида производства или технологического процесса загрязняющие вещества, которые выбираются из группы характерных для такого производства или технологического процесса загрязняющих веществ и с помощью которых возможно оценить значения эмиссий всех загрязняющих веществ, входящих в группу;
мониторинг	-	систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т. д.;
осмос	-	прохождение жидкости из слабого раствора в более концентрированный раствор через полупроницаемую мембрану;
топливно-энергетические ресурсы	-	совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна

измерение	-	для использования в хозяйственной деятельности;
качество добытого полезного ископаемого	-	набор операций для определения значения количества;
		определенное содержание полезных компонентов в сырье или иные его потребительские свойства, отвечающие требованиям потребителя;
восстающий	-	наклонная или вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по восстанию залежи или вмещающим породам, служащая для перепуска угля или породы на ниже расположенные горизонты, доставки оборудования, закладочных и других материалов с одного горизонта на другой, передвижения людей, вентиляции, размещения трубопроводов и электрических кабелей и в разведочных целях;
эксплуатационные данные	-	данные о производительности по выбросам/отходам и потреблению, например, сырья, воды и энергии. Любая другая полезная информация о том, как управлять, поддерживать и контролировать, включая аспекты безопасности, ограничения работоспособности техники, качество вывода и т. д.
глинозем	-	оксид алюминия $Al_2O_3$ , представляющий собой сыпучий белый порошок;
берма предохранительная	-	часть уступа, оставляемая на каждом горизонте или через определенное расстояние по высоте, на которой может скапливаться осыпавшаяся с откосов порода, иногда она совмещается с площадкой для размещения транспортных коммуникаций;
разрежение	-	снижение давления воздуха или продуктов сгорания в каналах сооружений и технических систем , способствующее притоку среды в область пониженного давления;

спиральная траншея	-	соединяет уступы по кривым линиям, а сама траншея по профилю в виде спирали;
водосборник	-	горная выработка или группа выработок, предназначенная для сбора вод;
фильтрование	-	процесс обезвоживания путем разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции;
отбор проб	-	процесс, посредством которого часть вещества, материала или продукта отделяется, чтобы сформировать представительную пробу контролируемого продукта. Опробование – это совокупность операций, связанных с отбором и обработкой проб с целью изучения и исследования состава и свойств материала, от которого отобрана проба.
внешние траншеи	-	расположены за конечным контуром карьера и вскрывают с поверхности неглубокие горизонты;
анализ	-	исследование, а также его метод и процесс, имеющие целью установление одной или нескольких характеристик (состава, состояния, структуры) вещества в целом или отдельных его ингредиентов;
горная выработка	-	искусственное сооружение в недрах земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ с целью выполнения ее функционального назначения и сохранения в течение определенного срока времени;
шпур	-	искусственное цилиндрическое углубление в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м и предназначенное для размещения заряда взрывчатого вещества, используется также для нагнетания воды в пласт и при прогнозе горно–динамических явлений, разведки и т. д.;
		понимаются как используемые технологии, так и способы, методы, процессы, практики,

техники	-	<p>подходы и решения, применяемые к проектированию, строительству, обслуживанию, эксплуатации, управлению и выводу из эксплуатации объекта;</p>
технологические показатели	-	<p>уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (<math>\text{мг/Нм}^3</math>, <math>\text{мг/л}</math>) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;</p>
траншея	-	<p>открытая горная выработка, трапецевидного поперечного сечения с незамкнутым контуром, значительной длины по сравнению с шириной и глубиной, ограниченная снизу подошвой и с боков наклонными плоскостями: по длине – бортами, по ширине – торцами;</p>
дымовой газ	-	<p>смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящего из камеры сгорания и направленного вверх по выхлопной трубе, и которая должна быть выпущена;</p>
прямые измерения	-	<p>конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;</p>
измельчение	-	<p>процесс измельчения дает мелкозернистый продукт (<math>&lt;1</math> мм), где уменьшение размера достигается за счет истирания и ударов, для более тонкого измельчения используются стержни, шары и рудная галля;</p>

штольня	-	<p>вскрывающая горная выработка, пройденная с поверхности к месторождению и предназначенная для транспортирования полезного ископаемого или вспомогательных целей;</p> <p>достигается путем обсадки руды по жестким поверхностям или ударного воздействия по поверхностям в неподвижном направлении принудительного движения;</p>
дробление	-	<p>горная выработка, предназначенная для измельчения полезного ископаемого;</p>
камера дробления	-	<p>шлам, получаемый в процессе переработки бокситов, направляемый на шламовое поле;</p>
шлам отвальный	-	<p>хим. концентрат, получаемый при обогащении полезного ископаемого, способом флотации;</p>
флотоконцентрат	-	<p>прохождение растворителя через пористый или измельченный материал для извлечения компонентов из твердой фазы. Например, глинозем (оксид алюминия) может быть извлечен путем выщелачивания боксита и спека щелочными концентрированными растворами.</p>
выщелачивание	-	<p>раствор, содержащий ценный компонент или кек – осадок после выщелачивания, содержащий примеси и металлы-спутники;</p>
продукт выщелачивания	-	<p>твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе;</p>
пыль	-	<p>производственная единица горного предприятия, осуществляющая добычу полезных ископаемых подземными горными работами;</p>
шахта	-	<p>вертикальная, реже наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для</p>
шахтный ствол	-	

шихта	-	<p>обслуживания подземных работ в пределах шахтного поля, его крыла или блока;</p> <p>смесь исходных материалов, в определенной пропорции, подлежащая переработке в металлургических, химических и других агрегатах для получения конечных продуктов заданного химического состава и свойств. В частности, состав шихты в металлургии это могут входить обогащенная руда, концентрат, флюс, шлаки, съемы, а также пыль</p>
отходящий газ	-	<p>общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы).</p>
внутренние траншеи	-	<p>расположены внутри контура карьера и используются для вскрытия глубоких горизонтов карьера, иногда внешние траншеи переходят во внутренние;</p>
экономика	-	<p>информация о затратах (инвестиции и операции) и любой возможной экономии, например снижении потребления сырья, сборе отходов, а также связанная с возможностями техники;</p>
заходка экскаваторная	-	<p>п уступа или развала горной массы, отработка которой связана с продвижением выемочных машин, ширина которой определяется радиусом погрузки экскаватора;</p>
энергоменеджмент	-	<p>комплекс административных действий, направленных на обеспечение рационального потребления энергетических ресурсов и повышение энергоэффективности объекта управления, включающий разработку и реализацию политики энергосбережения и повышения энергоэффективности, планов мероприятий, процедур и методик мониторинга, оценки энергопотребления и других действий, направленных на повышение энергоэффективности;</p>



энергоёмкость	-	величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы;
энергоэффективность	-	эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения деятельности объекта/ов.

### Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатуры	Расшифровка
АСУ	автоматизированная система управления
СЗМ	смесительно-зарядные машины
АСМ	автоматизированная система мониторинга
АСР	автоматические системы регулирования
АСДТ	смесь аммиачной селитры с дизельным топливом
ПАВ	поверхностно-активные вещества
БВР	буровзрывные работы
КИП	контрольно-измерительные приборы
ГРР	геологоразведочные работы
ГМН	гидромониторно-насосные установки
НДТ	наилучшая доступная техника
ЕС	Европейский союз
ППР	планово-предупредительный ремонт
ГСМ	горюче-смазочные материалы
ИВВД	измельчающие валки высокого давления
ВМС	высокомолекулярные соединения
МПСИ	мельницы полусамоизмельчения
ЧРП	частотно-регулируемый привод
ДВС	двигатели внутреннего сгорания
КБРУ	Краснооктябрьское бокситовое рудоуправление
КТА	комплексный технологический аудит
СДЯВ	сильнодействующие ядовитые вещества
БНС АСПР РК	Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан
ПСП	плодородный слой почвы
ИХП	институт химии присадок
ЛБМ	Лондонская биржа металлов

МК	металлургический комплекс
МВГ	мультивихревые гидрофильтры
ГВУ	главные вентиляторные установки
ТЭР	топливно-энергетические ресурсы
СЗА	самозакрепляющаяся анкерная крепь
МСИ	мельницы самоизмельчения
ПАА	полиакриламид
КПД	коэффициент полезного действия
УКРМ	устройства компенсации реактивной мощности
т у.т	тонна условного топлива
ПДМ	погрузочно-доставочная машина
АСУТП	автоматизированные системы управления технологическим процессом
ДДН	дождеватель дальнеструйный
ЛОС	летучие органические соединения
ЦПТ	циклично-поточная технология
СБШ	станки шарошечного бурения
СИНВ	системы инициирования неэлектрического взрывания
ЭВВ	эмульсионные взрывчатые вещества
ОКЭД	общий классификатор видов экономической деятельности
СЭМ	система экологического менеджмента
СЭнМ	система энергетического менеджмента
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития

## Химические элементы

Символ	Название	Символ	Название
Ag	серебро	Mg	магний
Al	алюминий	Mn	марганец
As	мышьяк	Mo	молибден
Au	золото	N	азот
B	бор	Na	натрий
Ba	барий	Nb	ниобий
Be	бериллий	Ni	никель
Bi	висмут	O	кислород
C	углерод	Os	осмий
Ca	кальций	P	фосфор
Cd	кадмий	Pb	свинец
Cl	хлор	Pd	палладий
Co	кобальт	Pt	платина

Cr	хром	Re	рений
Cs	цезий	Rh	родий
Cu	медь	Ru	рутений
F	фтор	S	сера
Fe	железо	Sb	сурьма
Ga	галлий	Se	селен
Ge	германий	Si	кремний
H	водород	Sn	олово
He	гелий	Ta	тантал
Hg	ртуть	Te	теллур
I	йод	Ti	титан
In	индий	Tl	таллий
Ir	иридий	V	ванадий
K	калий	W	вольфрам
Li	литий	Zn	цинк

## Химические формулы

Химическая формула	Название (описание)
$Al_2O_3$	оксид алюминия
CO	оксид углерода
$CO_2$	диоксид углерода
CaO	оксид кальция
FeO	оксид железа
$Fe_2O_3$	оксид железа трехвалентный
NaOH	гидроокись натрия
NaCl	хлорид натрия
$Na_2CO_3$	карбонат натрия
$Na_2SO_4$	сульфат натрия
$NO_2$	двуокись азота
$NO_x$	смесь оксида азота (NO) и диоксида азота ( $NO_2$ ), выраженная в виде $NO_2$
$SiO_2$	двуокись кремния, оксид кремния
$SO_2$	двуокись серы
$SO_3$	трехокись серы
$SO_x$	оксиды серы - $SO_2$ и $SO_3$

## Единицы измерения

Символ единицы измерения	Название единиц измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии

бар	бар	давление (Д)	1.013 бар = 100 кПа = 1 атм
°С	градус Цельсия	температура (Т), разница температур (РТ)	
г	грамм	вес	
ч	час	время	
К	Кельвин	температура (Т), разница температур	0 °С = 273.15 К
кг	килограмм	вес	
кДж	килоджоуль	энергия	
кПа	килопаскаль	давление	
кВт ч	киловатт-час	энергия	1 кВт ч = 3 600 кДж
л	литр	объем	
м	метр	длина	
м <sup>2</sup>	квадратный метр	площадь	
м <sup>3</sup>	кубический метр	объем	
мг	миллиграмм	вес	1 мг = 10 <sup>-3</sup> г
мм	миллиметр	длина	1 мм = 10 <sup>-3</sup> м
МВт	мегаватт тепловой мощности	тепловая мощность, теплоэнергия	
Нм <sup>3</sup>	нормальный кубический метр	объем	при 101.325 кПа, 273.15 К
Па	паскаль	давление	1 Па = 1 Н/м <sup>2</sup>
част/млрд (ppb)	частей на миллиард	состав смесей	1 част/млрд = 10 <sup>-9</sup>
част/млн (ppm)	частей на миллион	состав смесей	1 част/млн = 10 <sup>-6</sup>
об/мин	число оборотов в минуту	скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	вес	1 т = 1 000 кг или 10 <sup>6</sup> г
т/сут	тонн в сутки	массовый расход, расход материала	
т/год	тонн в год	массовый расход, расход материала	
об %	процентное соотношение по объему	состав смесей	
кг- %	процентное соотношение по весу	состав смесей	
Вт	ватт	мощность	1 Вт = 1 Дж/с

## Предисловие

Краткое описание содержания справочника по НДТ: взаимосвязь с международными аналогами.

Справочник по НДТ разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс).

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с порядком определения технологии в качестве НДТ, разработки, актуализации и опубликования справочников по НДТ, а также согласно Правилам разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденных постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 (далее – Правила).

Перечень областей применения НДТ утвержден в приложении 3 к Экологическому кодексу.

Структура настоящего справочника по НДТ соответствует положениям Правил, содержащих цели, основные принципы, порядок разработки, область применения НДТ. Справочник по НДТ содержит описание применяемых при добыче и обогащении руд цветных металлов (включая драгоценные) технологических процессов, оборудований, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить эмиссии в окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, обеспечить экономию ресурсов на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ. Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к НДТ, а также установлены технологические показатели, связанные с применением НДТ.

При разработке справочника по НДТ был учтен международный опыт в данной сфере, в том числе использовались аналогичные и сопоставимые справочники, официально применяемые в государствах, являющихся членами ОЭСР, ЕС, Российской Федерации, других странах и организациях с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающие техническую и экономическую доступность НДТ в конкретных областях их применения:

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC Elena Garbarino, Glenn Orveillon, Hans G. M. Saveyn, Pascal Barthe, Peter Eder 2018 (Наилучшие Доступные Методы (НДТ) Справочный документ по обращению с отходами от Добывающие отрасли в соответствии с директивой 2006/21/ЕС Елена Гарбарино, Гленн Ревейон, Ханс Г. М. Севен, Паскаль Барт, Питер Эдер 2018.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 23–2017 "Добыча и обогащение руд цветных металлов";

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 49–2017 "Добыча драгоценных металлов";

4. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М.: Эколайн, 2012 г.

5. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ/Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского. Москва, 2020.

Технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности НДТ, для технологического процесса определены технической рабочей группой по разработке справочника по НДТ "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)".

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий по добыче и обогащению руд цветных и драгоценных металлов составляет порядка 20 тыс. тонн в год. Готовность предприятий отрасли к переходу на принципы НДТ составляет порядка 70 % при несоответствии уровням эмиссий, установленным в сопоставимых справочных документах ЕС.

При переходе на принципы НДТ прогнозируемое сокращение эмиссий в окружающую среду составит 70–90 %, или снижение порядка 1 400 тонн в год выбросов пыли на обогатительных фабриках цветных и драгоценных металлов.

Предполагаемый объем инвестиций 130,6 млрд тенге. Внедрение НДТ предусматривает индивидуальный подход к выбору НДТ с учетом экономики конкретного предприятия и готовности предприятия к переходу на принципы НДТ, выбора страны производителя НДТ, мощностных показателей, габаритов НДТ и степени локализации НДТ.

Модернизация производственных мощностей с применением современных и эффективных техник будет способствовать ресурсосбережению и оздоровлению окружающей среды до соответствующих уровней, отвечающих эмиссиям стран ОЭСР.

#### **Информация о сборе данных**

В справочнике по НДТ использованы фактические данные по технико-экономическим показателям, выбросам загрязняющих веществ в воздух и сбросам в водную среду предприятий, осуществляющих добычу и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные) в Республике Казахстан за 2015-2019 годы, полученные по результатам КТА и анкетирования, проведенного подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по НДТ (далее – Бюро НДТ).

Перечень объектов для КТА утвержден технической рабочей группой по разработке справочника по НДТ "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)".

Также в справочнике по НДТ использованы данные БНС АСПР РК, компаний, осуществляющих добычу и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные).

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была собрана в процессе разработки справочника по НДТ в соответствии с Правилами.

### **Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ**

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса справочников по НДТ.

Справочник по НДТ имеет связь с:

№ п/п	Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
1	2	3
1	Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
2	Добыча и обогащение железных руд (включая прочие руды черных металлов)	Процессы добычи и подготовки руд
3	Добыча и обогащение угля	Процессы добычи и подготовки руд
4	Производство алюминия	Процессы добычи и подготовки руд
5	Обезвреживание отходов	Управление отходами
6	Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов	Процессы очистки сточных вод
7	Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий

### **Область применения**

В соответствии с приложением 3 Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие виды деятельности:

добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные).

Область применения настоящего справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве НДТ для области применения настоящего справочника по НДТ определены технической рабочей группой по разработке справочника по НДТ "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)".

Справочник по НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или уровень загрязнения окружающей среды:

производственные процессы добычи (подготовительные работы – проходка и крепление выработок, очистная выемка и вспомогательные процессы – транспортировка и управление качеством руд, вентиляция, водоотлив и др.) и обогащения (подготовительные – дробление, измельчение, классификация в воздушной и водной средах, основные процессы обогащения для руд цветных металлов (включая драгоценные) – гравитационное, флотационное обогащение, комбинированные процессы с выщелачиванием, вспомогательные – сгущение, фильтрование и сушка) руд ;

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

методы обращения со вскрышными породами, карьерный и сточный водоотлив, рудничная вентиляция;

хранение и транспортировка сырья, продукции, пустой породы и хвостов обогащения;

методы рекультивации земель.

Процессы производства, не связанные напрямую с первичным производством, не рассматриваются в настоящем справочнике по НДТ.

Справочник по НДТ не распространяется на:

производство (металлургия) цветных металлов;

обеспечение промышленной безопасности или охраны труда;

вспомогательные процессы необходимые для бесперебойной эксплуатации производства;

внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами.

Вопросы охраны труда рассматриваются частично и только в тех случаях, когда оказывают влияние на виды деятельности, включенные в область применения настоящего справочника по НДТ.

Система управления отходами вспомогательных технологических процессов рассматривается в соответствующих справочниках по НДТ.

## **Принципы применения**

### **Статус документа**

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов и общественности о НДТ и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по НДТ с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и НДТ.



Определение НДТ осуществляется для отраслей (областей применения НДТ) на основе ряда принятых международных критериев:

применение малоотходных технологических процессов;

высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;

рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

предотвращение загрязнения, отказ от использования (или минимизация применения) особо опасных веществ;

организация повторного использования веществ и энергии (там, где это возможно);

экономическая целесообразность (с учетом инвестиционных циклов, характерных для отраслей применения НДТ).

### **Положения, обязательные к применению**

Положения раздела "6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по НДТ.

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по НДТ определяется операторами объектов самостоятельно, исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень НДТ, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не являются обязательным к внедрению.

На основании заключения по НДТ, операторами объектов разрабатывается программа повышения экологической эффективности, направленная на достижение уровня технологических показателей, утвержденных в заключениях по НДТ.

### **Рекомендательные положения**

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ и к анализу при пересмотре справочника по НДТ.

Раздел 1: представлена общая информация о добыче и обогащении руд цветных металлов (включая драгоценные), о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях по добыче и обогащению руд цветных металлов (включая драгоценные).

Раздел 2: описаны методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ, экономическая составляющая.

Раздел 3: описаны основные этапы добычи и обогащения руд цветных металлов, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок по добыче и обогащению руд цветных металлов с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны техники, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не

требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Раздел 5: представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

Раздел 8: приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

Раздел 9: библиография.

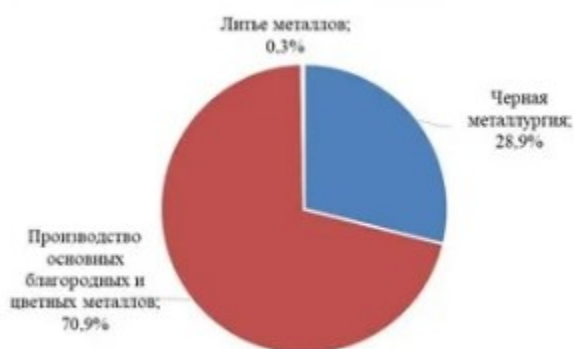
## Общая информация

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание горно-добывающей и горно-обогащительной отрасли Республики Казахстан, а также описание основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребления энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

### 1.1. Структура и технологический уровень отрасли

В Республике Казахстан горно-металлургическая отрасль является одной из важнейших и стратегических отраслей экономики ввиду того, что она нацелена на поставку сырья для дальнейшего производства продукции, необходимой в различных секторах экономики страны.

#### Структура производства металлургической отрасли Казахстана



*Источник: составлен автором на основе данных БНС АСПР РК*

Рисунок 1.1. Структура производства металлургической отрасли Казахстана

Цветная металлургия Казахстана является старейшей и ведущей отраслью промышленности, развитие которой базируется на колоссальных ресурсах полезных ископаемых и основывается на добыче и переработке медной руды, свинцово-цинковых, полиметаллических, алюминиевых руд и руд драгоценных

металлов, оказывает огромное влияние на формирование всего промышленного комплекса Республики Казахстан.

Основными крупными металлургическими предприятиями Казахстана в цветной металлургии являются: ТОО "Корпорация "Казахмыс", ТОО "Казцинк", АО "Алюминий Казахстана", АО "Казахстанский электролизный завод", АО "Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат".

По оценкам зарубежных экспертов Казахстан занимает сильные позиции на международном рынке цветных металлов. Цветные металлы Казахстана отличаются высоким качеством. Так, Усть-каменогорский цинк, Балхашская и Жезказганская медь зарегистрированы в качестве эталонов на ЛБМ. По уровню производства Казахстан входит в число крупных производителей и экспортеров рафинированной меди в мире.

Главные отрасли цветной металлургии Казахстана – медная, свинцово-цинковая, а также алюминиевая и титаномагниева. Каждая из этих отраслей имеет большое межгосударственное значение и представлена рудниками, карьерами, обоганительными фабриками и металлургическими заводами, которые вместе образуют крупные комбинаты. Такая форма организации производства цветных металлов в Казахстане связана с особенностью руд, низким содержанием чистого металла от 1 до 5–6 %, а рассеянных металлов даже менее 1 %. Поэтому руды цветных металлов подвергаются многократному обогащению и только тогда образуются концентраты с высоким содержанием металла. Причем обычно в руде содержится несколько полезных элементов и каждый из них извлекается отдельно в разных цехах по принципу комплексной переработки сырья.

В Казахстане находится значительная часть мировых запасов медных и полиметаллических руд, никеля, вольфрама, молибдена и многих других редких и редкоземельных металлов.

Драгоценные металлы как подгруппа цветных характеризуются высокой химической стойкостью в агрессивных средах, тугоплавкостью, ковкостью и тягучестью.

Золото и серебро отличаются по способу залежей: серебро добывается как побочный продукт основного металла и поэтому подробно не упоминается в этом разделе. Золото встречается в виде свободного золота, либо в виде золота, связанного с сульфидами цветных металлов.

Руды цветных металлов являются комплексным сырьем, в котором присутствуют также золото, серебро, кадмий, индий, селен, теллур, рений, таллий, галлий, редкие земли, сера, барит, флюорит, кварц и другие минералы и элементы. Основная масса (80–85 %) цветных металлов в рудах представлена сульфидными минералами. Драгоценные металлы и примеси присутствуют в рудах главным образом в виде изоморфных примесей и тонкодисперсных включений в минералы основных и сопутствующих полезных компонентов.

По данным Всемирного Совета по золоту (WGC) мировая добыча золота в 2021 году составила 3 580,7 тонн, незначительно увеличившись до уровня 2019 года. Доля казахстанского объема добываемого золота составляет 2 % от мировой добычи.

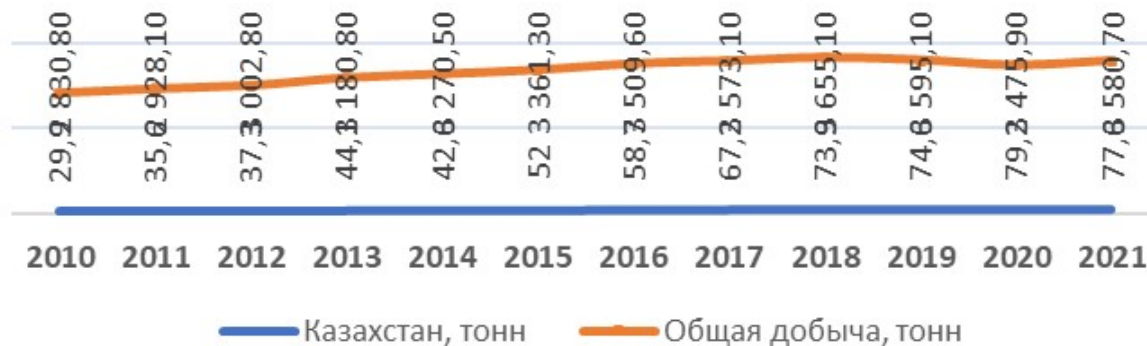


Рисунок 1.2. Доля отечественной добычи золота

Согласно данным Комитета геологии прогнозные ресурсы меди составляют 195,3 млн тонн; полиметаллов – 193,6 млн тонн; железных руд – 12,7 млрд тонн; хромовых руд – 396 млн тонн; бокситов, титан-циркониевых россыпей и редких металлов – 227 млн тонн. Среди стран поставщиков на мировом рынке глинозема (оксида алюминия) International Metallurgical Research Group выделяет Австралию с долей 46,36 %, Бразилию с долей 20,02 %, Ирландию с долей 4,47 %, а также: Индию, Индонезию, Германию, Испанию, США и Казахстан, который занимает 12 место в мировом рейтинге стран по объемам запасов бокситов.

По данным Комитета геологии балансовые запасы разведанных месторождений золота Казахстана составляют более 2,3 тыс. тонн золота, из которых 75 % находится в эксплуатации. По количеству подтвержденных и промышленных запасов Казахстан занимает 17-е место в мире. За последние шесть лет объем добычи золота в Казахстане возрос с 58,7 тонны в 2016 году до 77,6 тонны в 2021 году. По данным World Gold Council добыча золота в мире в 2019 году составила около 3581 тонн, первое место в мире по добыче занимает Китай, на который приходится 9,3 % мировой добычи (332 тонн).

В последние годы в условиях недостаточного объема ГРП обозначились и нарастают тенденции не восполнения погашаемых запасов, общего уменьшения их количества и ухудшения качества. Коэффициент восполняемости запасов по золоту, свинцу, цинку ничтожно мал. Учитывая время, требуемое для разведки месторождения с момента его обнаружения и до стадии разработки, то через 10–15 лет Казахстан может начать испытывать дефицит меди, свинца и некоторых других металлов.

#### 1.1.1. Объекты по видам технологического процесса

В зависимости от условий залегания рудных месторождений и мощности залежей их разработку осуществляют открытым (карьеры), подземным (шахты) или

комбинированным открыто-подземным способами. В настоящее время открытым способом добывается около 70 % руд черных и цветных металлов. Выбор способа добычи полезного ископаемого – открытого или подземного – определяется горно-геологическими условиями залегания полезных ископаемых и обосновывается технико-экономическими расчетами. В случае, если рудное месторождение достигает поверхности современного рельефа или залегает неглубоко, то производится открытая разработка.

Подземным способом разрабатывают месторождения на глубинах до 3 – 4 км. Залегание полезного ископаемого на большой глубине, сложный рельеф поверхности, особые климатические условия – основные факторы, которые являются решающими при выборе подземного способа разработки. Комбинированный способ применяют при разработке, как правило, мощных, крутых, глубоко залегающих месторождений, перекрытых сравнительно небольшой толщей наносов.

По данным КТА в настоящее время на предприятиях Казахстана используется два способа добычи руд цветных металлов. Основная добыча месторождений цветных руд (включая драгоценные) ведется открытыми способами разработки – карьерами. Карьеры по добыче цветных руд характеризуются значительными размерами и производительностями, позволяющими иметь относительно невысокую себестоимость руды с учетом снижения рыночных цен. Доля подземного способа добычи цветных руд невысокая, так как не вызывает достаточного инвестиционного интереса, поскольку ее себестоимость за редким исключением в 2–4 раза превышает себестоимость руды, добытой открытым способом. На некоторых месторождениях применяется комбинированный способ добычи.

На ТОО "Корпорация Казахмыс" добыча медных и комплексных руд осуществляется:

подземным способом на месторождениях Жезказганское ("Восточно-Жезказганский", "Южно-Жезказганский" и "Западный" рудники), Восточная Сары-Оба и Западная Сары-Оба (рудник "Жыландинский"), Жаман-Айбат (рудник "Жомарт") ПО "Жезказганцветмет"; Нурказган (рудник "Нурказган"), Абыз (рудник "Абыз") ПО "Карагандацветмет"; Саяк и Тастау (рудник "Саяк"), Шатырколь (рудник "Шатырколь") ПО "Балхашцветмет";

открытым способом на месторождениях Жезказганское (рудник "Северо-Жезказганский") ПО "Жезказганцветмет", Кусмурын (рудник "Кусмурын"), Акбастау (рудник "Акбастау") ПО "Карагандацветмет", Кобырат (рудник "Кобырат") ПО "Балхашцветмет".

В состав группы KAZ Minerals входят: рудники открытого типа Бозшаколь в Павлодарской области и Актогай в области Абай, три подземных рудника в Восточном Казахстане - Орловский, Артемьевский и Иртышский.

АО "Жайремский горно-обогатительный комбинат" осуществляет процессы добычи открытым способом и обогащения барий-полиметаллических и полиметаллических руд на месторождении "Жайрем", представленного участками "Западный" и "Дальнезападный" и Восточным участком (учитывая глубокое залегание руд, добычные работы не производились). Жайремский ГОК является дочерним предприятием ТОО "Казцинк".

Горно-обогатительный комплекс "Алтай" – Малеевский подземный рудник и Риддерский горно-обогатительный комплекс – Риддер-Сокольный рудник, Тишинский рудник и Долинный рудник входят в состав ТОО "Казцинк" в качестве самостоятельных подразделений, осуществляющих добычу полиметаллических руд подземным способом.

Polymetal International PLC производит разработку открытым способом на трех месторождениях предприятиями ТОО "Бакырчикское горнодобывающее предприятие", АО "Варваринское" и ТОО "Комаровское горное предприятие".

АО "АК Алтыналмас" ведет добычу золоторудных месторождений и включает производственный проект Актогай – карьеры: Пустынное и Долинное и производственный проект Акбакай – шахты Акбакай, Бескемпир и карьер Карьерное.

АО "Алтынтау Кокшетау" является золотодобывающим подразделением компании ТОО "Казцинк", где добыча ведется открытым способом.

АО "ГМК Казахалтын" в соответствии с контрактом недропользования месторождения обрабатывают тремя рудниками: комбинированным способом рудники "Аксу" и "Жолымбет" и подземным способом рудник "Бестобе".

АО "ФИК "Алел" осуществляет деятельность по добыче золотосодержащих руд на месторождении Суздальское подземным способом.

С переходом на более глубокие горизонты горнотехнические условия производства горных работ резко усложняются, производительность оборудования снижается, себестоимость добытой руды повышается.

### 1.1.2. Объекты по сроку эксплуатации

Таблица 1.1. Основные месторождения руд цветных металлов (включая драгоценные) и перечень эксплуатирующих их предприятий по данным КТА

№ п/п	Предприятие, структурное подразделение/месторождение	Область	Способ отработки	Проектная мощность, т/год	Продукция	Среднее содержание минералов в руде месторождения, %/г/т	Объем годового производства, т/год (макс.)	Год начала эксплуатации	Добыча 2019 год
-------	--	---------	------------------	---------------------------	-----------	--	--	-------------------------	-----------------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		ТОО "Корпорация Казахмыс"							

1.1	Северо-Жезказганский рудник/ Жезказганское и Жиландинское месторождение	Улытауская	Открытый	1 024 973		медь - 0,97 %	1 019 900	1960	905 900
1.2	Рудник Кусмурын / Кусмурын			482 400		медь - 2,93 %	738 360	2006	738 360
1.3	Рудник Акбастау / Акбастау	Восточно-Казахстанская		1 400 000		медь - 3,37 %, цинк - 1,77 %, свинец - 0,12 %, золото - 0,6 г/т, серебро - 15,1 г/т.	2 299 700	2007	949 300
1.4	Рудник Коньрат/ Коунрадское	Карагандинская		1 676 880		медь - 0,36 %	1 735 700	1934	1 321 900
1.5	Восточно-Жезказганский рудник/ Жезказганское			5 150 878	Медно-сульфидная руда	медь - 0,86 %	7 085 200	1964 г – шахта № 55, 1967 г - шахта № 57, 1996 г - шахта Анненская	5 688 600
1.6	Южно-Жезказганский рудник/ Жезказганское			5 298 323		медь - 0,74 %	16 604 100	1965	5 264 800
1.7	Западный рудник/ Жезказганское	Улытауская		4 590 405		медь - 0,73 %	4 403 000	2005	4 403 000
								1998 г – шахта Итауыз",	

1.8	Жыланди нский рудник/ Жиланди нское		Подземн ый	2 000 082		медь - 1 %	1 690 000	2008 г – шахта Восточна я Сары-Об а, 2008 г – шахта Карашош ак, 2010 г – шахта Кипшакп ай	1 060 700
1.9	Рудник Жомарт / Жезказга нское			3 934 700		медь - 1,21 %	4 287 100	2006	3 929 000
1.10	Рудник Нурказга н / Нурказга н			4 060 300		медь - 0,96 %	4 612 400	2009	4 283 900
1.11	Рудник Абыз / Абыз	Караганд инская		600 000	Медно-ко лчеданна я руда	медь - 0,69 %	273 500	2004 г - открыты й, 2012 г - подземн ый	205 900
1.12	Рудник Саяк/ Саяк участок " Саяк-3, Тастау", участок " Саяк-1"			1 700 00		медь - 1,02 %	1 938 000	1998	1 772 400
1.13	Рудник Шатырко ль / Шатырку льское	Жамбылс кая		650 000	Медно- сульфидн ая руда	медь - 3,59 %, молибден и уран - 0,1-0,2 %, золото 1 г/т, серебро 20 г/т.	670 400	2000	611 500
2		KAZ Minerals							
2.1	Карьер Актогай/ Абай	Абай		25 000 000	Медно-ок сидная и медно- сульфидн ая руды	медь - 0,35 %		2015	25 200 000
						медь - 0,36 %, 			



2.2	Карьер Бозшакол ы/	Павлодар ская	Открыты й	30 000 000	Медно-сульфидная руда	золото - 0,14 г/т, серебро - 1,00 г/т, молибден - 0,007 %		2016	29 500 000
3	ТОО "Казцинк"								
3.1	Жайремский ГОК – / Жайрем	Улытауская	Комбинированный	5 000 000	Барит-полиметаллические руды			1964	
3.2	ГОК Алтай-Малеевский рудник/ Малеевское			2 000 000		цинк – 7,72 %, свинец – 1,24 %, медь – 2,38 %, серебро – 76,97 г/т, золото – 0,52 г/т	2 351 000	2000	
3.3	Риддерский ГОК-Тишинский рудник/ Тишинское	Восточно-Казахстанская	Подземный	1 400 000	Полиметаллические руды	цинк – 6,54 %, свинец – 1,06 %, медь – 0,60 %, серебро – 12,76 г/т, золото – 0,79 г/т		1965	
3.4	Риддерский ГОК - Долинный рудник/ Долинное			300 000		цинк – 5,3 %, медь и свинец – 1 %.		2015	
3.5	Риддерский ГОК – Риддер-Сокольный / рудник Риддер-Сокольное			2 600 000		цинк – 1,12 %, свинец – 0,50 %, медь – 0,59 %, серебро – 13,84 г/т, золото – 1,67 г/т		1789	
4	Polymeta International PLC								
	АО "Варваринское"/ Варварин								

4.1	ское, Комаровс кое и Элеватор ное	Костанай ская		3 600 000		золото – 2,8 г/т	4 667 000	2006	3 943 000
4.2	ТОО " Бакырчи кское горнодоб ывающее предприя тие"/ Бакырчик и Большев ик	Восточно - Казахста нская	Открыты й	2 200 000	Золотоме дные руды	золото – 5,4 г/т	2 034 200	1956	2 000 000
5	АО "АК Алтыналмас"								
5.1	Проект Акбакай шахты Акбакай, Бескемпи р и карьер Карьерно е	Жамбылс кая	Комбини рованный	1 200 000	Золотосо держащи е руды	золото – 5,65 г/т	917 736	2011	806 000
5.2	Проект Актогай карьеры: Пустынн ое и Долинно е	Караганд инская	Открыты й	2 500 000		золото – 3,22 г/т	4 483 00	2014	4 483 00
6	АО "Алтынтау Кокшетау"								
6.1	Васильев ское месторож дение	Акмолин ская	Открыты й	8 000 000	Золотоме дные руды	золото – 2,68 г/т	8 514 800	1979	
7	АО "ГМК Казахалтын"								
7.1	Рудник Бестобе/ Бестобин ское	Акмолин ская	Подземн ый	420 000	Золотосо держащи е руды	золото – 4,36 г/т		1932	322 000
7.2	Рудник Аксу/ Аксу и Кварцит вые горки		500 000	золото – в карьерно й руде 1,15 г/т, в подземно й руде 3,35 г/т			1932	668 000	

7.3	Рудник Жолымбет / Жолымбетское		Комбинированный	500 000		золото – в карьерной руде 1,60 г/т, в подземной руде 3,78 г/т		1932	564 000
8	АО "ФИК "АЛЕЛ"								
8.1	Суздальское месторождение	Абайская	Подземный	550 000	Золотосодержащие руды	сульфиды: 2-4 % руды, среднее содержание золота – 8 г/т	550 000	1985	

### 1.1.3. Объекты по географической принадлежности

Важнейшим фактором размещения предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов обычно является близость к источнику сырья – руде. Размещение фабрик по обогащению осуществляется в первую очередь вблизи источников сырья и дешевой электроэнергии, а также имеющих производственных мощностей, инфраструктуры и квалифицированных трудовых ресурсов.

Группа цветных металлов включает в себя месторождения меди, цинка, алюминия, олова, свинца, мышьяка, сурьмы, ртути и др.

Добычей руд других цветных металлов в Казахстане занимаются компании, зарегистрированные под следующими кодами ОКЭД (в скобках указаны количество предприятий):

- 07298 – добыча драгоценных металлов и руд редких металлов (208);
- 07291 – добыча и обогащение алюминий-содержащего сырья (15);
- 07292 – добыча и обогащение медной руды (60);
- 07294 – добыча и обогащение никель-кобальтовых руд (5);
- 07296 – добыча и обогащение оловянной руды (1);
- 07293 – добыча и обогащение свинцово-цинковой руды (21);
- 07295 – добыча и обогащение титаново-магниевого сырья (руды) (6);
- 07299 – добыча прочих руд цветных металлов (132).

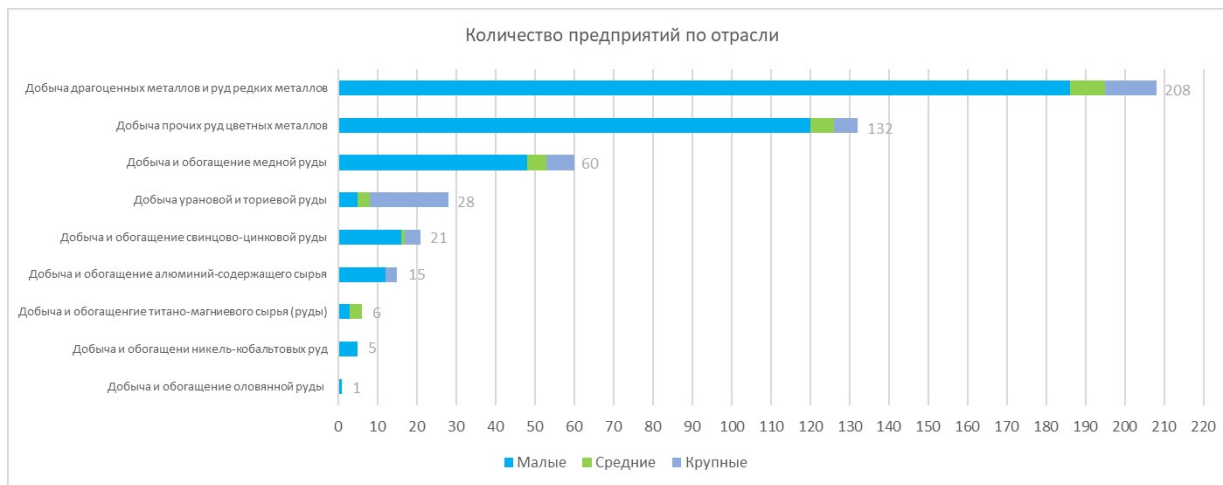


Рисунок 1.3. Количество горнодобывающих предприятий цветной металлургии

Главные сырьевые базы по добыче меди в Республике Казахстан находятся в Центральной и Северо-Восточных частях страны.

Свинец и цинк обычно в природе встречаются совместно и представлены комплексными свинцово-цинковыми рудами в месторождениях различных геолого-промышленных типов. Они, в основном, сосредоточены в Восточном, Южном, Центральном и Западном регионах страны.

Рудный Алтай – это сложившийся район цветной металлургии со специализацией на производстве свинца, титана, магния и других химических элементов. Полиметаллические руды Алтая многокомпонентные, поэтому выдвигают проблему углубления технологии их переработки. Свинцовые концентраты содержат 50 % свинца и 15 % цинка, а цинковые – 45 % цинка и 5 % железа.

Прибалхашье – важный район медной промышленности, получивший развитие на базе Конырадского месторождения, разведанного в 1937 году. Здесь действует крупнейший в СНГ Балхашский медеплавильный завод. Для укрепления сырьевой базы завода освоены Саякское, Бозшакольское, Шатыркольское, Актогайское месторождения меди.

Жезказганский район – это крупный центр медной промышленности, где сосредоточена значительная часть разведанных запасов меди СНГ уникальной по своему качеству.

Южный Казахстан – крупный район добычи полиметаллических руд и выплавки свинца.

Карагандинский район – относительно новый район по добыче полиметаллических руд, который начал осваиваться после войны. Карагайлинский горно-обогатительный комбинат, находящийся здесь, поставляет свинцовые, цинковые и другие концентраты металлургическим предприятиям Восточного и Южного Казахстана.

Павлодарский район представлен бокситовыми рудниками Торгая.

Благородные металлы представлены серебром, золотом и другими металлами (осмий, палладий, иридий, родий) платиновой группы. Промышленная добыча золота и серебра производится в Северном, Южном, Центральном и Северо-Восточном Казахстане.

ТОО "Корпорация Казахмыс" – одна из двух компаний, появившихся в результате реорганизации группы "Казахмыс" в октябре 2014 года. Основными видами деятельности ТОО "Корпорация Казахмыс" являются добыча и переработка медной руды, а также попутное извлечение золота и серебра на месторождениях Карагандинской, Улытауской и Жамбылской областях.

Группа KAZ Minerals имеет активы в Павлодарской и Абайской областях.

ТОО "Актюбинская медная компания" специализируется на добыче и переработке медных и медно-цинковых руд. Производственные объекты компании расположены в Хромтауском районе Актюбинской области Республики Казахстан.

ТОО "Казцинк" ведет добычу цинка, свинца, меди и драгоценных металлов на месторождениях, расположенных в Восточно-Казахстанской, Акмолинской и Улытауской областях.

АО "АК Алтыналмас" – компания полного геологического, горнодобывающего и золото перерабатывающего цикла. Добыча золотосодержащей руды ведется на 5 месторождениях в 4 регионах Казахстана: Жамбылской, Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Акмолинской областях. Полезные ископаемые перерабатываются на собственных золотоизвлекательных фабриках "Акбакай", "Долинное", обогатительной фабрике "Пустынное" и заводе по извлечению драгоценных металлов "Алтыналмас Technology".

АО "Майкаинзолото" – одно из ведущих предприятий Центрального Казахстана по добыче и переработке золотосодержащих колчеданно-полиметаллических руд, основанное в 1932 году. Предприятие успешно функционирует на базе разведанных запасов месторождений Майкаин "В" и Алпыс, расположенных в Павлодарском Прииртыше.

RG Gold – казахстанская золотодобывающая компания, осуществляющая деятельность на одном из крупнейших и третьем по величине запасов в Казахстане месторождении золота. Месторождение находится в Бурабайском районе Акмолинской области, занимает площадь 67,7 кв. км.

Основная деятельность АО "ШалкияЦинк ЛТД" заключается в разведке полиметаллической руды с содержанием цинка и свинца на месторождении Шалкия, расположенном в Жанакорганском районе Кызылординской области.

ТОО "Nova Цинк" расположено в Шетском районе Карагандинской области на расстоянии 230 км от г. Караганда и 130 км от г. Балхаш. Предприятие входит в МК Уральской горно-металлургической компании и осуществляет разработку Акжальского цинково-свинцового месторождения.

АО "ФИК "АЛЕЛ" разрабатывает Суздальское золоторудное месторождение, расположенное в 50 км к юго-западу от г. Семей в малозаселенном степном районе в Кокентауском сельском округе.

#### 1.1.4. Объекты по производственным мощностям и видам выпускаемой продукции

Согласно данным АО "НК "Kazakh Invest" и БНС АСПР РК за 2021 год в горнодобывающей отрасли в натуральном выражении было произведено следующее количество основной промышленной продукции, указанное в таблице ниже.

Таблица 1.2. Производство промышленной продукции в ГКМ в натуральном выражении в Республике Казахстан за 2021 год

№ п/п	Показатель	Объем
1	2	3
1	Руды медные, тыс. тонн	123 554,1
2	Медь рафинированная необработанная, нелегированная, тыс. тонн	401,8
3	Руды медно-цинковые, тыс. тонн	5 903,6
4	Руды свинцово-цинковые, тыс. тонн	8 290
5	Свинец необработанный рафинированный, тыс. тонн	111,3
6	Цинк необработанный, тыс. тонн	300,8
7	Руды марганцевые, тыс. тонн	1 247,8
8	Руды золотосодержащие, тыс. тонн	32 563,5
9	Золото необработанное или полуобработанное, тонн	114,8
10	Золото аффинированное, тонн	64,9
11	Золото в сплаве Доре, тонн	35
12	Серебро необработанное или полуобработанное, тонн	1 004,8
13	Серебро аффинированное, тонн	982,5

В 2021 году в Республике Казахстан добыто 123,5 млн тонн медных руд, на 2,8 % больше, чем в 2020 году. Наибольший объем добычи приходится на три региона: Восточно-Казахстанскую область – 55,9 млн тонн (45,3 % от общего объема добытых медных руд), Карагандинскую – 36,0 млн тонн (29,2 %) и Павлодарскую – 30,3 млн тонн (24,5 %). В Акмолинской области добыто 1 % от всего объема добытых медных руд в республике – 1,28 млн тонн.

В 2020 году на долю компании ТОО "Корпорация Казахмыс" пришлось 24,4 % всей добытой медной руды в Казахстане. По результатам работы за 2020 год ТОО "Корпорация Казахмыс" выполнен производственный план по добыче руды на 100,76 %. Всего добыто 29 миллионов 356 тысяч тонн руды (в 2019 году – 30 миллионов 696

тысяч тонн). Среднее содержание меди в добытой руде по итогам года составило 1,0 %, при плане 0,94 %. Всего за 2020 год обогатительными фабриками "Казахмыс" переработано 31,3 миллиона тонн руды. За 2020 год ТОО "Корпорация Казахмыс" произведено:

катодной меди – 258,360 тысяч тонн, превышение плановых показателей на 745 тонн, за аналогичный период предыдущего года – 245,924 тысяч тонн, увеличение на 12,436 тысяч тонн (+5,06 %);

золота в слитках 5 950 кг, за аналогичный период 2019 г. 4 428 кг, увеличение на 1 522 кг (+34,4 %);

серебра в слитках и гранулах 262 184 кг, за аналогичный период 2019 г. – 223 469 кг увеличение на 38 714 кг (+17,32 %).

В 2020 году в Восточном регионе на трех шахтах KAZ Minerals было добыто и переработано около 2,7 млн тонн медной руды и произведено 47 тыс. тонн меди. Попутно при переработке руды получено 49,7 тыс. тонн цинка, 13,5 тыс. унций золота и 1 746 тыс. унций серебра. Основу бизнеса KAZ Minerals составляют два крупных проекта по медно-молибденовым рудам, которые именуются проектами роста. Это месторождения Бозшаколь и Актогай, на которых за 2020 год добыто и произведено 122 и 131 тыс. тонн меди. В 2020 году общий объем производства меди составил 306 тысяч тонн, в качестве попутной продукции произведено 196 тысяч унций золота, 3,374 млн унций серебра и 50 тысяч тонн цинка в концентрате.

Добыча свинца и цинка производится при разработке месторождений полиметаллических и комплексных свинцово-цинковых, медно-цинковых руд, которые добываются на рудниках и карьерах ТОО "Казцинк", ТОО "Nova Цинк", АО "ШалкияЦинк ЛТД", KAZ Minerals. Объем добычи за 2021 год по республике составил 8 290 тыс. тонн свинцово-цинковых руд, что на 6,3 % больше показателей прошлого года. Наибольший объем добычи порядка 72,8 % приходится на два региона: Восточно-Казахстанскую область – 4 408 тыс. тонн, (53,2 % от общего объема добытых руд), Карагандинскую – 1 628 тыс. тонн (19,6 %). Добыча медно-цинковых руд составила 5 903,6 тыс. тонн, 2 600 тыс. тонн добыто в Восточно-Казахстанской области

Единственным центром добычи алюминиевых руд в стране является Костанайская область. Крупнейшее предприятие отрасли, занимающееся добычей и обогащением бокситов на Торгайском бокситовом рудоуправлении (ТБРУ) и КБРУ в Костанайской области – АО "Алюминий Казахстана". Это единственная в Казахстане компания, выпускающая сырье для производства алюминия – глинозем. Объем добычи бокситов за 2021 год составил 4,058 млн тонн [1].

За 2021 год добыча золотосодержащих руд в Казахстане составила 32,5 млн тонн. Главными золотодобывающими регионами является Центральный и Восточный Казахстан. Основными производителями золота являются компании: ТОО "Казцинк",

АО "АК Алтыналмас", ТОО "Корпорация Казахмыс", Kaz Minerals PLC и Polymetal International PLC. Около 35–40 % объема производства приходится на колчеданные месторождения, разрабатываемые ТОО "Казцинк" и Kaz Minerals PLC, где золото добывается в качестве компонента полиметаллического сырья.



Рисунок 1.4. Объемы производства золота за 2020 год в разрезе регионов и компаний

За 2021 год на двух месторождениях Polymetal International PLC предприятиями ТОО "Бакырчикское горнодобывающее предприятие" и АО "Варваринское" добыто 2,17 и 3,62 млн тонн золотосодержащей руды соответственно и получено в общем 557 тыс. унций золота.

В 2020 году группа компаний АО "АК Алтыналмас" (включая дочерние предприятия) выпустила более 414 тысяч унций золота или 12,9 тонн при добыче руды в 14,5 млн тонн. АО ГКМ "Казахалтын", входящее в группу, по итогам 2020 года извлекло 3,934 тонны золота, что на 15,6 % больше, чем годом ранее.

Добыча руды на Суздальском месторождении ведется подземным способом, месторождение вскрывается транспортными уклонами, методом подэтажных штреков. Объем производства рудника АО "ФИК "АЛЕЛ" по итогам 2019 года составил 75,8 тысяч унций аффинированного золота.

## 1.2. Минерально-сырьевая база

Преимуществом цветной металлургии Казахстана является наличие собственной минерально-сырьевой базы. Структура, физические, химические и другие характеристики казахстанских руд при добыче, обогащении и металлургической переработке требуют индивидуальной технологии для каждого месторождения.

Таблица 1.3. Запасы цветных и драгоценных руд в Казахстане\*

--	--	--	--	--	--	--



№ п/п	Минерал	Балансовые запасы, тыс.т	Мировой рейтинг, запасы	Место в мире по содержанию металла в руде	Мировой рейтинг, производство	Доля в мировом объеме
1	2	3	4	5	6	7
1	Бокситы	365 400	10	н/д	8	1,7 %
2	Свинец	17 200	5	41	11	0,7 %
3	Цинк	39 800	5	40	8	2,5 %
4	Медь	39 300	12	63	11	2,6 %
5	Титан	24 100	10	15	19	0,4 %
6	Вольфрам	2 100	2	25	-	-
7	Золото	2,2	15	2	21	1,7 %
8	Серебро	53,2	4	31	10	3,6 %
9	Олово	69,3	10	23	-	-

\* источники: Казахстанский горно-промышленный портал (<http://www.mining.kz>), Геологическая служба США USGS 2018, АО "НК "Kazakh Invest", данные на 2021 г.

### **Медь**

Казахстан обладает огромными запасами медной руды. На территории Республики Казахстан разведано более 100 месторождений меди, свыше половины из них находятся в эксплуатации. Обеспеченность запасами меди достигает около 30 лет. Основные промышленные типы руд – медистые песчаники (71 %) и медно-порфировые (24 %). К числу крупнейших относятся Жезказганское месторождение медистых песчаников, на которое приходится около 70 % объема медной руды, добываемой в Казахстане, и месторождения медно-порфирового типа Актогайское и Айдарлы. Основная часть балансовых запасов этого вида сырья приходится на Восточно-Казахстанскую область – 47 %, на Карагандинскую и Улытаускую приходится 27 %, Павлодарскую – 13 %, Алматинскую – 6 %, Актюбинскую – 4 %, Жамбылскую – 2 %, Костанайскую – 1 %, Туркестанскую – 1 %.

### **Цинк**

Государственным балансом учтены запасы по 87 месторождениям. Обеспеченность отрасли ресурсами составляет около 25 лет. Месторождение Шалкия (Кызылординская область, Жанакорганский район) является крупнейшим известным цинковым месторождением в Казахстане и пятым крупнейшим месторождением цинка в мире. Запасы оцениваются в 4,07 млн тонн.

### **Свинец**

Подтвержденные запасы свинца Казахстана оцениваются порядка 17 млн тонн, по этому показателю республика находится на 5-м месте в мире. Государственным балансом учтены запасы по 82 месторождениям. Больше всего месторождений приходится на Карагандинскую область – 61 %. Также месторождения располагаются в Восточно-Казахстанской (21 %), Кызылординской (13 %), Алматинской (3 %),

Жамбылской (1 %), Павлодарской (1 %) областях. Основные месторождения – Риддер-Сокольное и Тишинское. Обеспеченность отрасли ресурсами при нынешнем уровне потребления оценивается в 25 лет.

### **Алюминий**

В Казахстане разведано свыше 20 месторождений бокситов, при этом разрабатывается 10. Основная часть запасов Республики (около 90 %) сосредоточена в месторождениях, находящихся на территории Костанайской области в Торгайской бокситоносной провинции. В ней выделяются три бокситоносных района: Западно-, Восточно- и Центральнo-Торгайский, в которых заключено, соответственно, 86,9 %, 5,3 % и 7,8 % запасов.

Торгайский бокситовый рудник (ТБРУ) разрабатывал бокситы Восточно-Тургайской группы (Аркалыкское, Северное, Нижнее-Ашутское, Верхнее-Ашутское, Уштобинское месторождения). В настоящее время все работы на ТБРУ остановлены ввиду выработки всех запасов.

КБРУ – бокситы Западно-Тургайской группы (Белинское, Аятское, Краснооктябрьское, Увалинское и Красногорское месторождения).

Наибольшее количество глиноземных бокситов в рудных телах карьеров составляет 89,0 %, минимальное - 47,1 %.

### **Золото**

В настоящее время в Казахстане разведано 199 промышленных месторождений золота практически во всех регионах страны, в том числе 127 коренных месторождений, 40 комплексных, 32 рассыпных. Балансовые запасы золота составляют 2,2 тыс. тонн (75 % – эксплуатируются, 21 % – разведываются, 3 % – незалицензированы), из них 85 % расположены в Восточном, Северном и Центральном регионах страны. Остальные 15 % рассредоточены по областям Южного и Западного Казахстана.

Ведущими геолого-промышленными типами золотых месторождений, составляющими основу сырьевой базы золотодобывающей отрасли, являются собственно золоторудный (60 % балансовых запасов и 67 % добычи золота) и комплексный (соответственно, 36 % и 32 %). Наиболее крупными из собственно золоторудных месторождений являются – Васильковское (разведанные запасы – 360 тонн золота) и Бакырчик (277 тонн).

### **Серебро**

Запасы серебра Казахстана разведаны более чем в 100 месторождениях, при этом основная доля (около 60 %) приходится на полиметаллические (медно-свинцово-цинковые) месторождения. Уровень содержания серебра в рудах этих месторождений находится в пределах от 40 до 100 г/тонну. Около 25 % запасов серебра республики сосредоточено в месторождениях медистых песчаников (Жезказганское и др.), где содержание серебра составляет 10–20 г/тонну. Доля, собственно, золото-серебряных руд в общем объеме запасов и добычи серебра незначительна.

## **Олово**

Олово является в месторождениях Казахстана попутным компонентом редкометалльных и вольфраммолибденовых руд с ограниченными запасами. До 1995 года выпуск олова в концентрате осуществлял Белогорский ГОК.

В настоящее время в Казахстане АО "Tin One Mining" разрабатывает и реализовывает проект строительства горно-металлургического комбината "Tin One Mining", расположенный в Айыртауском районе Северо-Казахстанской области на крупнейшем в Центральной Азии месторождении олова Сырымбет, которое является полиметаллическим и помимо основного металла олова, содержит вольфрам, медь, флюорит и еще более 70 различных минералов. Залежи олова в регионе составляют примерно 65 % от общих подтвержденных запасов в Казахстане. На Сырымбете они оцениваются в 153 тысячи тонн.

## **Кадмий**

Кадмий является попутным компонентом в месторождениях полиметаллических и свинцово-цинковых руд. Его выпуск осуществляется на Усть-Каменогорском свинцовом заводе, входящем в состав ТОО "Казцинк". Этот металл является побочным продуктом при переработке цинкового сырья. С 2005 г. БНС АСПР РК не раскрывает данные по выпуску кадмия. Практически весь объем произведенного кадмия экспортируется.

## **Титан**

В Казахстане разведаны 7 циркон-рутил-ильменитовых россыпей с небольшими запасами титана. Основу минерально-сырьевой базы титана составляют ильменит-цирконовые россыпи. Месторождения расположены в основном в Западном Казахстане (Шокаш, Ащисай, Сабындыколь и др.), Восточном Казахстане (Сатпаевское, Караоткель) и Северном Казахстане (Обуховское и др.). Учтенные балансовые запасы (50 млн тонн) титана сосредоточены в месторождениях Сатпаевское, Караоткель, Шокаш, Обуховское, Устюртское, Кумколь, Жарсорское, Прогнозное. 11 % всего производимого в мире титана выпускают на АО "Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат". 100 % титановой продукции поставляется на экспорт в высокоразвитые страны. Доля продукции предприятия в авиакосмической отрасли составляет более 18 %. На сегодня Предприятие выпускает титан губчатый, титановые слитки и сплавы.

## **Вольфрам и молибден**

Запасы вольфрама Казахстана сосредоточены в 12 месторождениях, они оцениваются на уровне 2 млн тонн. Запасы молибдена сосредоточены более в чем 30 месторождениях, оцениваются на уровне около 1 млн тонн.

Добыча молибдена в Казахстане производится из комплексных медно-молибденовых и вольфраммолибденовых руд в Центральном и Северо-Восточном регионах республики.

В настоящее время в Республике Казахстан реализуется проект по разведке и добыче вольфраммолибденовых руд месторождений Верхнее Кайрактинское и Северный Катпар в Карагандинской области. Оператором проекта является ТОО "Северный Катпар", дочерняя компания АО "НГК "Тау-Кен Самрук". Основным элементом : вольфрам; попутные промышленные элементы: молибден, медь, висмут. По данным 2011 года, запасы вольфрамовой руды месторождения Верхнее Кайрактинское составляют 1 216,3 тыс. тонн, запасы молибдена – 39,6 тыс. тонн.

Объем ресурсов месторождения Северный Катпар по стандартам JORC категории Indicated+Inferred составляет 71,4 млн тонн вольфрамовой руды (142 тыс. тонн триоксида вольфрама, 80 тыс. тонн меди, 23,6 тыс. тонн молибдена, 13,7 тыс. тонн бериллия в руде). Среднее содержание триоксида вольфрама составляет 0,231 %.

По месторождению Северный Катпар добыча руды ожидается на уровне 3 млн тонн в год с выпуском 5,1 тыс. тонн паравольфрамата аммония ежегодно. По Верхнему Кайрактинскому эти показатели составят 7 млн тонн в год и 6 тыс. тонн паравольфрамата аммония соответственно.

В Казахстане имеются значительные перспективы для новых открытий в расширении минерально-сырьевой базы цветной металлургии.

Запасы минерального сырья в Казахстане действительно большие, но не всегда конкурентоспособные из-за малого содержания целевого металла, упорности руды, а также территориальных, транспортных и других ограничений. Существующие технологии производства цветных и редких металлов в Казахстане не в полной мере соответствуют современным требованиям экологии, экономики и комплексного использования минерального сырья.

### **1.3. Техничко-экономические показатели отрасли**

#### **Производственные показатели ГМК**

По данным АО "Казахстанский центр индустрии и экспорта "QazIndustry" за 2021 год объемы производства в сфере добычи металлических руд за 12 месяцев достигли 3,3 трлн тенге, против 2,2 трлн тенге в аналогичном периоде годом ранее. В сегменте переработки объемы выпуска металлургической промышленности в денежном эквиваленте составили 7,7 трлн тенге, против 5,7 трлн тенге в предыдущем году (рис. 1.5).



Рисунок 1.5. Объемы выпуска металлургической продукции в денежном эквиваленте, трлн тг

В структуре добычи металлических руд 70,4 % выпуска обеспечено добычей руд цветных металлов, 29,6 % – добычей железной руды. В структуре металлургической промышленности 62,2 % пришлось на производство основных благородных и цветных металлов, 37,6 % – на черную металлургию (и еще 0,2 % – на литье металлов).

Добыча металлических руд обеспечила 18,4 % выпуска в сфере горнодобывающей промышленности и разработки карьеров, и 8,8 % от всего промышленного производства по республике.

В свою очередь, вес металлургии в обрабатывающей промышленности составил 45,7 %, в общем объеме промышленного производства – 20,7 %.

Таким образом, горно-металлургический комплекс Республики Казахстан обеспечил около 30 % совокупных объемов промышленного производства по стране, или 11 трлн тенге в стоимостном выражении, по итогам 12 месяцев 2021 года.

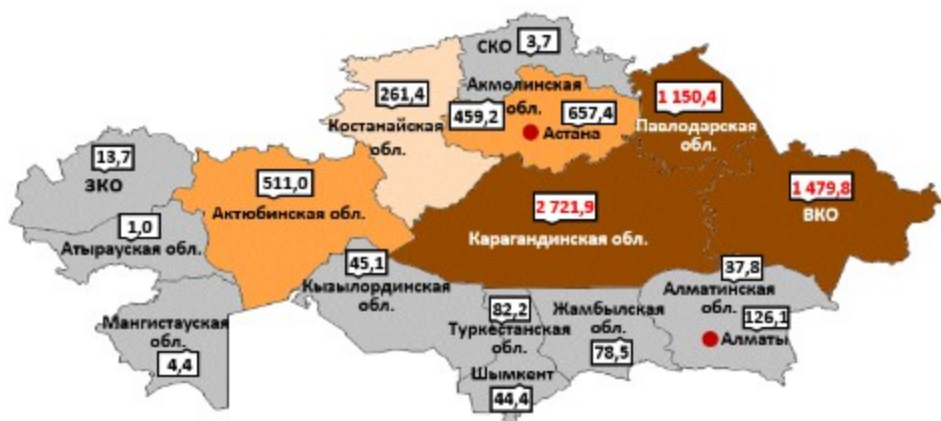


Рисунок 1.6. Объем производства в разрезе регионов за январь-декабрь 2021 года, млрд тенге

### Инвестиции в недропользование

По данным БНС АСПР РК со ссылкой на данные Комитета геологии, в 2019 г. в недропользование минерально-сырьевого комплекса (без учета инвестиций в УВС, уран) было инвестировано 2 292,1 млрд тенге, что на 22,8 % выше уровня 2018 г.

Инвестиции в недропользование по различным видам металлов приведены на рисунке ниже.

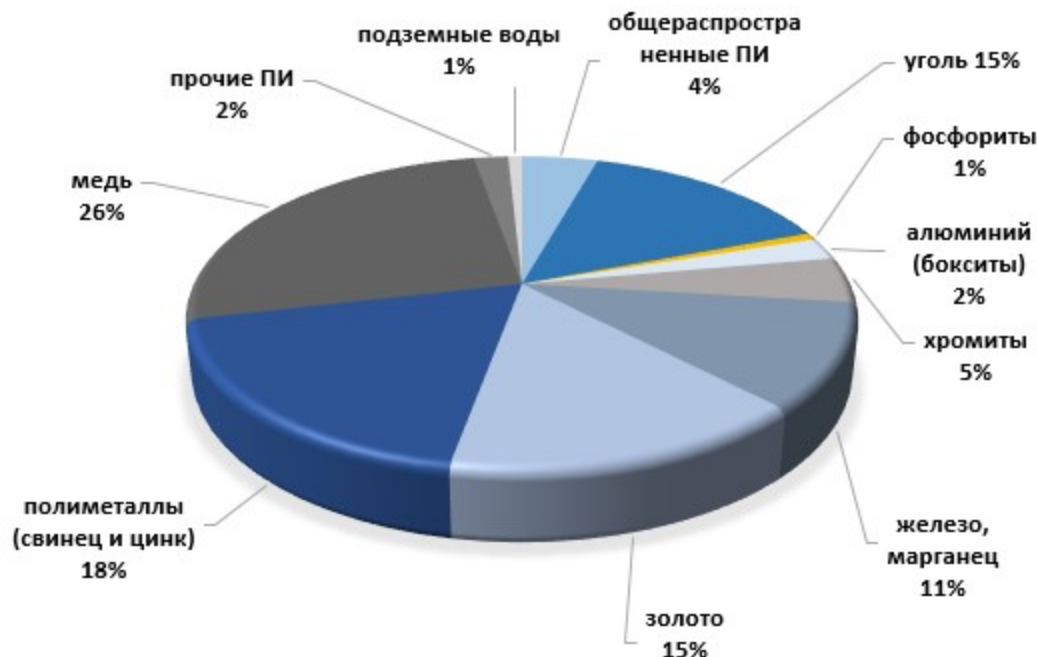


Рисунок 1.7. Инвестиции в недропользование по различным видам металлов

Из рисунка выше видно, что в сравнении с черными металлами инвестиции в добычу руд цветных и драгоценных металлов являются приоритетными, куда направлен основной объем инвестиций более 60 %.

### **Инвестиции в основной капитал**

По итогам 2019 года объем инвестиций в основной капитал в горно-металлургический комплекс составил 1060 млрд тенге, что на 31,3 % больше, чем в 2018 году.

Так, объем инвестиций в добычу металлических руд составил 629,9 млрд тенге, что на 35,8 % больше, чем в 2018 году. При этом доля инвестиций из собственных средств добывающих предприятий увеличилась с 90 % до 98,7 %.

Объем инвестиций в металлургическую промышленность составил 309,7 млрд тенге, что на 27,5 % больше, чем за аналогичный период прошлого года.

Также необходимо отметить, что объем инвестиций в производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования достиг 21,3 млрд тенге, что на 35,6 % больше в 2018 году.

### **Экспорт**

Горно-металлургический комплекс является одним из главных экспортных секторов Республики Казахстан – его доля в общем объеме экспорта страны составляет около 20 %. Как указывалось выше, в структуре экспорта преобладают сырьевые товары, в частности около 80 % составляют добытые руды и рудные концентраты. Главными потребителями казахстанских металлов являются рынки России, Китая и Турции.

Исходные данные по экспорту горно-металлургического комплекса страны взяты с сайта БНС АСПР РК и Комитета государственных доходов, Аналитического портала внешней торговли Республики Казахстан и Республиканской Ассоциации горнодобывающих и горно-металлургических предприятий (АГМП).

Стоимостной объем экспорта продукции ГМК за 2019 год составил 9 249,4 млн долларов США, увеличившись на 3 % по сравнению с предыдущим годом.

По отдельным товарам произошел значительный рост. Так, увеличился стоимостной объем экспорта цинка необработанного, меди рафинированной и сплавов медных необработанных, руд и концентратов драгоценных металлов, руд и концентратов железных, включая обожженный пирит. Доля экспорта продукции ГМК за 2019 год составила 18 % от общего стоимостного объема экспорта Казахстана.

Основное количество производимого медного концентрата используется для выпуска рафинированной меди, часть выпущенного в республике медного концентрата экспортируется.

В структуре экспорта металлургической промышленности за 2019 год преобладают медь рафинированная – 24,7 %, ферросплавы – 19,2 %, элементы химические радиоактивные и изотопы радиоактивные – 12,1 %, руды и концентраты цветных металлов – 10,0 %, руды и концентраты драгоценных металлов – 2,8 %.

В 2021 году общие доходы Казахстана от экспорта цветных руд составили более 2,5 млрд долларов США. Основными импортерами продукции из нашей страны являются Китай с долей 68,8 %, Россия 26,0 % и Узбекистан с объемом в 3,8 %.

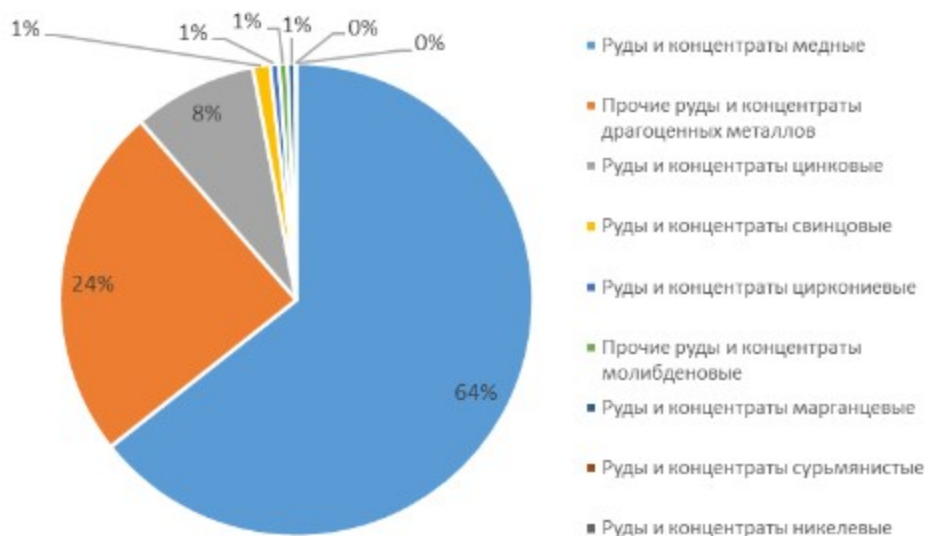


Рисунок 1.8. Структура экспорта горнодобывающей промышленности РК

## 1.4. Потребление энергетических, сырьевых и водных ресурсов

### Потребление энергетических ресурсов

Основные производственные процессы горнодобывающего предприятия связанные с использованием топлива – вскрышные и добычные работы.

Наиболее существенное потребление энергии в горнодобывающей отрасли характерно, в частности, для транспортных средств, ГРП и таких технологических процессов, как бурение, выемка породы, выемка минерального сырья, размол, дробление, обогащение, водоотлив и вентиляция.

Для технологических и хозяйственных нужд потребляются следующие виды ресурсов:

- электрическая энергия;
- тепловая энергия (горячая вода и пар);
- котельно – печное топливо (уголь каменный, природный газ);
- моторное топливо (дизтопливо и бензин);
- керосин ТС – 1 (топливо реактивное типа бензина);
- вода (техническая, хозяйственно – питьевая);
- сжатый воздух;
- продукты разделения воздуха (кислород и азот).

В качестве котельно-печного топлива на предприятии используются следующие виды ТЭР:

- каменный уголь (Экибастузский и Шубаркольский);
- природный газ.

Котельно-печное топливо используется для выработки тепловой и электрической энергии, а также для технологических нужд предприятия.



Снабжение структурных подразделений предприятия котельно-печным топливом осуществляется от сторонних источников.

Потребление энергии сильно зависит от особенностей руды и необходимого технологического процесса. Если руда твердая, то на ее отделение, измельчение и размол требуется значительно больше энергии, чем на обработку мягкой руды.

Показателем энергетической эффективности крупных технологических установок и производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции. Для определения удельного расхода энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции необходимы годовые объемы производства продукции и потребление энергетических ресурсов.

Используемое в горном производстве электрическое оборудование можно разделить на следующие группы:

устройства для передачи и распределения электроэнергии: линии электропередачи, трансформаторы, кабели;

электрическое оборудование: электродвигатели, осветители и ручные инструменты; оборудование для управления, контроля, связи и автоматизации.

В процессе добычи и транспортировки руды электроэнергия расходуется на следующие объекты:

электروهидравлические рабочие машины (например, бурильные установки, крепление кровли и стенок выработок, машины для торкретирования бетоном);

транспортеры;

подъемники руды;

производство сжатого воздуха,

вентиляция.

К тому же погрузочное и транспортное оборудование, возможное отопление участков рудника расходуют топливо.

Потребление энергии в обогатительных процессах определяется, в первую очередь, объемом перерабатываемой руды, используемыми процессами обогащения и необходимым для этого оборудованием. Обычно самые мощные электродвигатели используются при измельчении руды, особенно если руда обогащается методом флотации.

Также дробление руды, грохочение и флотация являются энергоемкими этапами, но используемые в работе отдельные электродвигатели и насосы меньше по мощности на порядок. При флотации затрачивается много энергии, особенно если схема сложная и содержит большое количество машин и оборудования. В таблице 1.4 представлены примеры потребления энергии на рудниках Казахстана.

Потребление энергии на руднике составляет 12–25 кВтч на тонну руды, в обогатительном переделе 30–50 кВтч на тонну руды (данные КТА). Остальное потребление электроэнергии составляет от 2 до 4 кВтч на тонну руды.

Основные данные по предприятиям Казахстана, полученные в результате проведения КТА, представлены в таблице ниже.

Таблица 1.4. Потребление электрической энергии на предприятиях Казахстана

№ п/п	Рудник/предприятие	Общий расход энергии, МВт-ч/год (2020г.)	Расход энергии на тонну руды, кВт-ч/т (2019 - 2020г.)
1	2	3	4
1	Открытая добыча		
1.1	ТОО "Корпорация Казахмыс" СЖР	10 094,114	11,14
1.2	ТОО "Корпорация Казахмыс" Кусмуруын	2 214,902	4,81
1.3	ТОО "KAZ Minerals" Актогайский рудник	23 296,0	0,364 - 0,433
1.4	ТОО "KAZ Minerals" Бозшакольский рудник	19 964,410	0,439 – 0,644
1.5	АО "Полиметал" Варваринское	25 122,038	5,38 – 59,39
1.6	АО "Полиметал" Бакырчик	19 197,890	
1.7	АО "Алтынтау Кокшетау" Васильковское	6 874,000	0,81 – 0,94
1.8	АО "ГМК Казахалтын" рудник Аксу	393,900	0,08 – 1,21
1.9	АО "ГМК Казахалтын" рудник Жолымбет	51,130	0,13 – 0,22
2	Подземная добыча		
2.1	ТОО "Корпорация Казахмыс" ВЖР	96 723,294	18,77
2.2	ТОО "Корпорация Казахмыс" ЮЖР	69 527,436	13,34
2.3	ТОО "Корпорация Казахмыс" Западный рудник	83 624,287	18,49
2.4	ТОО "Корпорация Казахмыс" Жыландинский рудник	12 309,788	7,28
2.5	ТОО "Корпорация Казахмыс" рудник Жомарт	65 013,703	17,00
2.6	ТОО "Корпорация Казахмыс" рудник Нурказган	53 342,796	12,85
2.7	ТОО "Корпорация Казахмыс" рудник Абыз	4 242,390	15,51

2.8	ТОО "Корпорация Казахмыс" рудник Саяк	7 467,879	4,16
2.9	ТОО "Корпорация Казахмыс" рудник Шатырколь	9 142,312	13,64
2.10	ТОО "КазЦинк" Малеевский рудник	16 773,590	7,13 – 8,51
2.11	ТОО "КазЦинк" Риддер-Сокольный рудник	12 323,0	
2.12	АО "ГМК Казахалтын" рудник Бестобе	12 055,600	34,90 – 51,61
2.13	АО "ГМК Казахалтын" рудник Аксу	10 567,900	39,43 – 60,44
2.14	АО "ГМК Казахалтын" рудник Жолымбет	6 542,700	26,07 – 50,33
2.15	АО "ФИК Алел"	104 648,085	-
3	Смешанная добыча		
3.1	ТОО "КазЦинк" рудник Ушкатын	6 670,460	5,56 – 8,34
3.2	АО "АК Алтыналмас" рудник Акбакай	21 590,595	23,53 – 33,55
4	Обогащение		
4.1	ТОО "Корпорация Казахмыс" Жезказганские ОФ № 1,2,3	661 972,259	31,41
4.2	ТОО "Корпорация Казахмыс" Нурказганская ОФ	92 838,367	26,48
4.3	ТОО "Корпорация Казахмыс" Карагайлинская ОФ	86 402,210	57,75
4.4	ТОО "Корпорация Казахмыс" Балхашская ОФ	209 587,638	38,83
4.5	ТОО "KAZ Minerals" Актогайская ОФ	710 281,000	1247,718-1291,563
4.6	ТОО "KAZ Minerals" Бозшакольская ОФ	786 700,507	26,85 – 36,33
4.7	ТОО "KAZ Minerals" Бозшакольский Завод	134 776,063	20,94 – 85,6
4.8	ТОО "КазЦинк" ЖГОК	17 568,200	14,64 – 21,96
4.9	ТОО "КазЦинк" ГОК Алтай ОФ	138 638,230	303,02 – 397,78
4.10	ТОО "КазЦинк" Риддерский ГОК ОФ	268 850,000	1 058,46 – 1 669,88

4.11	АО "Полиметал" Варваринское ОФ	129 895,749	26 899,10 – 55 558,49
4.12	АО "Полиметал" Бакырчинское ОФ	77 192,600	4 853,97 – 14 904,92
4.13	АО "АК Алтыналмас" Акбакай ОФ	20 906,542	8 711,06 – 14 428,26
4.14	АО "Алтынтау Кокшетау" "ЗИФ	431 334,900	30 192,84 – 36 292,38
4.15	АО "ГМК Казахалтын" Бестобе ОФ	12 571,920	8 688,27 – 8 916,26
4.16	АО "ГМК Казахалтын" Аксу ОФ	25 051,670	26 259,61 – 27 712,02

Так как большая часть потребления электрической энергии приходится на электрический привод различных агрегатов, то при выборе электродвигателей необходимо принимать во внимание капитальные затраты, мощность и эффективность. В горнодобывающем производстве, где нужны мощные моторы, а используются они интенсивно, важно выбрать энергетически эффективный высококачественный двигатель. Высокая цена более эффективного мотора окупится сбережением затрат на энергию в течение 1–2 лет [3].

### **Водопотребление**

Водопотребление при добыче и переработке полезных ископаемых обычно связано с хозяйственно-бытовыми и коммунальными нуждами, производственными и техническими, а также с пожаротушением. Для этого используют системы водоснабжения, в состав которых входят водозаборные сооружения, насосные станции, станции очистки и подготовки воды, магистральные или разводящие трубопроводы, или каналы, резервуары и водонапорные башни, а также вспомогательные сооружения: лаборатории, склады и др.

В соответствии с видами водопотребления системы водоснабжения разделяются на хозяйственно-питьевые, технические (производственные) и противопожарные. Они могут быть как отдельными, так и совмещенными, по способу подачи воды – самотечными, с механической подачей и зонными, а по способу ее использования – прямоточными, оборотными, с повторным использованием.

В прямоточных системах вся забираемая вода задействована в технологических или других процессах однократно, после чего передается на очистку и сброс. В оборотных системах предусматривается многократное использование воды без сброса ее в природные водные объекты, но каждый цикл использования должен предусматривать при необходимости очистку (кондиционирование). Для компенсации безвозвратных потерь производится постоянная или периодическая подпитка систем оборотного водоснабжения. Повторно-последовательное использование воды предусматривает несколько технологических процессов, а затем очистку воды и сброс.

Большая часть требуемой воды обычно восполняется за счет циркуляции в разных технологических процессах, но для работы часто необходима и достаточно чистая свежая вода. Возможности циркуляции воды обуславливаются определенным технологическим процессом, в том числе используемыми в нем химическими реагентами. Свежая вода забирается обычно из ближайшего озера или реки. В некоторых случаях в качестве свежей воды может использоваться карьерная вода или без обработки, или после обработки (например, отстаивание и осветление воды, осаждение металлов). На многих обогатительных фабриках потребность в воде можно обеспечить почти полностью за счет рециркуляции и использования карьерной воды. Обогатительные фабрики по проектам работают со 100 % оборотом технической воды. Возврату подлежат сливы сгустителей и осветленная вода с хвостохранилища. Потери с испарением на хвостохранилище составляют на уровне 10 % в летний период. С другой стороны, забор больших объемов свежей воды за пределами предприятия практически невозможен. Используемая на руднике хозяйственно-питьевая вода приобретается обычно отдельно по договору у внешнего поставщика. В некоторых процессах (например, промывка фильтровальных тканей, охлаждение компрессоров) можно применять воду, очищенную на предприятии собственными очищающими устройствами (например, песчаными фильтрами).

Основные направления совершенствования водопотребления горнодобывающих предприятий - сокращение потребления воды питьевого качества из рек, озер и городского водопровода, а также расширение использования шахтных и карьерных вод для хозяйственно-бытовых и технических нужд.

### **Потребление вспомогательных производственных материалов**

Для горнодобывающего производства кроме ресурсов энергии и воды требуются различные вспомогательные производственные материалы, такие как взрывчатые материалы, химикаты, материалы для крепления горных выработок (металлическая арочная крепь, различные типы анкерной крепи, металлическая сетка, торкрет смеси), трубы, буровой инструмент, используемый для бурения скважин различного типа и назначения тела, запасные части для основного и вспомогательного оборудования, мелющие тела, фильтровальные ткани, полимерные и композиционные материалы и т.д.

## **1.5. Основные экологические проблемы**

### **1.5.1. Основные экологические проблемы при открытой и подземной разработке и добыче, обогащении**

Воздействие горнодобывающей деятельности на окружающую среду зависит от геологических особенностей, размера, формы месторождения и концентрации полезного компонента, природно-климатических особенностей территории расположения, а также от применяемых методов добычи и обогащения, выбранных технических и технологических решений, природоохранных мероприятий и др.

Горнодобывающая деятельность оказывает воздействие на все компоненты окружающей среды: недра, земли, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

Основными экологическими аспектами предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образование рудничных и шахтных вод, отходов, использование земель.

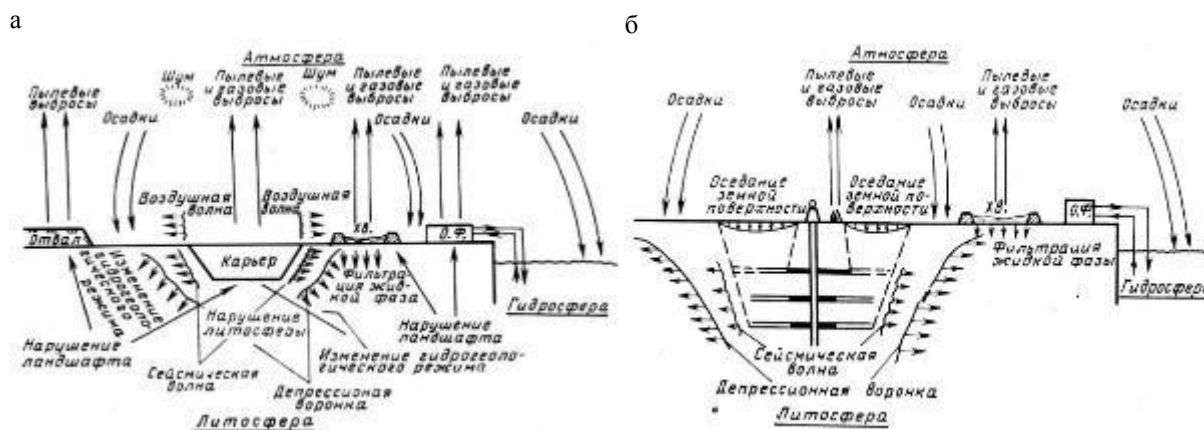


Рисунок 1.9. Схема взаимодействия, а - карьера и б - подземного рудника (шахты) с окружающей средой

Таблица 1.5. Воздействие на окружающую среду горнодобывающего предприятия на разных этапах деятельности

№ п/п	Воздействие	Открытая добыча					Подземная добыча			Обогащение		Размещение отходов добычи и обогащения	Геологоразведочные работы	
		Снятие и складирование плодородного слоя почвы	Вскрышные работы	Буровзрывные работы	Добычные работы	Транспортировка	Вскрытие	Подготовка	Добычные работы	Дробление руды	Сепарация магнитная и электрическая; флотация			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Воздействие на компоненты окружающей среды													
1.1	Выбросы в атмосферный воздух													
1.1.1	Твердые (пыль)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼		▼	▼
1.1.2	Газообразные	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼					▼
1.2	Сбросы сточных вод													
1.2.1	Шахтных и карьерных		▼		▼		▼	▼	▼					

1.2.2	От процессов обогащения										▼		
1.3	Образование отходов												
1.3.1	Вскрышные и вмещающие породы	▼	▼	▼			▼						
1.3.2	Хвосты обогащения										▼		
1.3.3	Физические факторы воздействия (шум и вибрация)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
1.4	Утрата природной среды												
1.4.1	Земельные ресурсы и почвенный покров	▼	▼	▼	▼		▼					▼	▼
1.4.2	Ландшафт	▼	▼	▼	▼	▼	▼					▼	▼
1.4.3	Флора и фауна	▼	▼	▼	▼	▼	▼					▼	▼

### 1.5.2. Воздействие при проведении геологоразведочных работ

Основными видами воздействия ГРР на площади месторождения являются механические нарушения ландшафта и загрязнение элементов окружающей среды техногенными источниками. ГРР оказывают незначительное воздействие на окружающую среду, что связано с кратковременностью и локальностью проводимых работ, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Основные эмиссии этапа ГРР:

выбросы твердых загрязняющих веществ (пыль) – при строительстве дорог и других коммуникаций, ведении горно-буровых работ, пробной добыче, погрузке и транспортировке горной массы, а также при эксплуатации техники;

выбросы газообразных веществ (выхлопные газы) – эксплуатация техники;

сбросы загрязненных сточных вод в водные объекты – при осушении разведочных горных выработок, гидродинамическом и гидрохимическом воздействии на подземные воды, поверхностные водотоки и водоемы;

образование и размещение отходов вскрышных и вмещающих пород – при ведении горно-буровых работ и пробной добыче;

шум, вибрация – при строительстве дорог и других коммуникаций, ведении БВР, погрузке горной массы, эксплуатации техники.

нарушение целостности ландшафта и геологического массива, загрязнение почвенного покрова – при ведении горно-буровых работ, от оставляемых баз геологоразведочных партий и рабочих площадок буровых работ.

#### **1.5.2.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух**

При добыче полезных ископаемых выбросы в атмосферный воздух поступают от взрывных работ, выемки и экскавации пород, дробления руды, транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, тонкого измельчения и обогащения, сушки концентрата, теплоснабжения, транспорта и производственных машин, а также отсыпки хвостов и вмещающей породы. Наиболее существенными выбросами являются взрывные газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ), выхлопные газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , углеводороды,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , тонкодисперсные твердые частицы), производственные газы (в т. ч. от биологического выщелачивания, переработки растворов биовыщелачивания, окисления концентрата под давлением:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}$  и сушки:  $\text{SO}_2$ ), взвешенные вещества и минеральная пыль. Выбросы пыли (взвешенных частиц) происходят при разных видах деятельности, как например, при добыче руды, транспортировке, погрузке, дроблении, измельчении, сушке, отсыпке вмещающих пород, а также складировании концентрата и хвостов обогащения. Пыль по составу соответствует тонко измельченной руде и ее вмещающей породе, и, следовательно, может содержать вредные для здоровья металлы. Опасность пыли зависит от минерального состава руды и способности к размолу. Некоторые минералы, особенно волокнистые, например, такие как асбест, при пылении могут быть вредными сами по себе.



Подготовка горных пород к выемке	Пыль при бурении скважин и шпуров Пыль и токсичные вещества из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы Пыль с поверхностей откосов и площадок
Выемочно-погрузочные работы	Пыль при выемке горной массы различными выемочными машинами Пыль при погрузке и разгрузке (перегрузке) горной массы в транспортные средства, отвал или бункер
Транспортировка различных карьерных грузов	Пыль на технологических автодорогах Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении полезных ископаемых, пустых пород и отходов обогащения Пыль на пунктах перегрузки Пыль при транспортировании руды из карьера конвейерным транспортом Выхлопные газы при работе автотранспортных средств и тяговых средства железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания
Отвалообразование и складирование вскрышных (пустых) пород, отходов обогащения и руды	Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады Пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, складов полезных ископаемых, шламохранилищ
Переработка руды	Выбросы от дробления и грохочения Пыль при складировании дробленой руды в буферные склады

Рисунок 1.10. Основные источники и виды загрязнения атмосферы при проведении горных работ

### Добыча и транспортировка руды

При добыче и транспортировке руды, независимо от способа отработки месторождения, образуются выбросы пыли, выхлопных газов и взрывных газов. При перевозке руды грузовым автотранспортом возникают обычные при этом выбросы пыли и выхлопных газов, как при открытом, так и при подземном способе добычи, особенно когда руда вывозится на поверхность земли для складирования. Пыль выделяется в воздух от руды, поверхности дорог, колес и грузовых платформ.

Загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения вредных газов и пыли из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы. Используемые для добычи руды взрывчатые вещества (например, ЭВВ, АСДТ) при взрыве превращаются в водный пар, оксид и диоксид углерода, и оксиды азота. Кроме того, взрывные газы содержат небольшие количества вредных газов, таких как угарный газ и оксиды азота. При взрыве образуется также дым. Объем этих газов составляет 0,7–1 м<sup>3</sup> газа на килограмм взрывчатого вещества.

Образующийся при взрыве горячий газ захватывает с собой в атмосферу какое-то количество пыли горной породы. При этом объем поднимающейся в атмосферу пыли зависит от заряда и взрываемого материала. Материал горной породы осаждается, в основном, в непосредственной близости от рудника, но тонкодисперсные твердые частицы могут переноситься на большие расстояния от рудника. Например, графитная пыль распространяется на большую территорию и из-за способности пачкать легко заметна даже в небольших количествах.

Транспортировка руды и вскрышных пород происходит на территории предприятий по дорогам без покрытия, на которые попадают перевозимые горные массы.

Минеральный материал измельчается в мелкую пыль под колесами тяжелого транспорта, тогда на поверхности дорог часто образуется слой пыли. Объемы транспортных выбросов пыли и выхлопных газов растут при промежуточных погрузках и разгрузках, а также по мере увеличения расстояния от рудника до цеха обогащения.

При подземном способе добычи руды выбросы, поступающие в атмосферу с воздухом вентиляционной системы рудника, ограничены правилами охраны труда, поэтому уровень выбросов обычно невысок. Влажность воздуха в руднике способствует уменьшению распространения пыли с отработанным воздухом в атмосферу. При открытом способе разработки выбросов пыли и выхлопных газов значительно больше, чем при подземном способе, прежде всего из-за движения автотранспорта.

### **Рудоподготовка (дробление, грохочение)**

Выбросы от дробления и грохочения во многом зависят от расположения оборудования. Выбросы блока дробления и грохочения, размещенного в помещении или в подземных выработках, обычно не вызывают большой нагрузки на окружающую среду. Машины опрокидывают горную массу в загрузочное отверстие дробилки обычно на открытом пространстве, таким образом, пылевые выбросы невозможно полностью собрать для очистки. От полностью или частично на открытом воздухе расположенного блока образуется, как правило, больше пылевых выбросов, чем от оборудования, расположенного в помещении. Объем и состав пылевых выбросов зависит от погодных условий, вида руды, применяемой технологии. После дробления и грохочения на стадии размола в атмосферу не поступает большого количества выбросов, так как размол проводится, обычно, в закрытом блоке, в водной среде – пульпе.

### **Обогащение**

В процессе обогащения могут образовываться газовые и пылевые выбросы, например, при сушке концентрата, приготовлении и использовании флотореагентов и химических реагентов или в самом процессе обогащения. В технологических процессах, требующих нагрева, выделяются газовые выбросы, в составе которых выхлопные газы и, в зависимости от технологии, оксиды азота, углекислый газ, диоксид серы и взвешенные вещества. Образующиеся в процессе обогащения газы могут иметь неприятный запах, как например, сероводород ( $H_2S$ ).

Сушка концентрата в сушильном барабане, нагреваемом традиционным мазутом, является источником атмосферных выбросов. Газовые выбросы сушильного барабана кроме обычных дымовых выбросов содержат, обычно, пыль и диоксид серы. Приготовление реактивов обогащения на территории рудника может вызывать газовые выбросы в атмосферу. Например, при изготовлении негашеной извести образуются

выбросы углекислого газа, а при изготовлении гашеной извести выделяется тепло и водяной пар.

Использование химических реагентов, в т. ч. в процессах осаждения и флотации, а также при промывке фильтров может вызывать газовые выбросы, такие как сернистый газ и диоксид азота. Сероводород легко высвобождается в процессах осаждения, где используется диоксид серы (восстановление), а также в таких процессах флотации, где концентрированная серная кислота взаимодействует с сульфидными минералами (особенно с магнитным колчеданом). Также при кучном бактериальном выщелачивании в атмосферу может выделяться углекислый газ и сероводород. Сероводород ядовитый, легко воспламеняемый газ.

Основные факторы, определяющие выбросы ртути – исходные концентрации ртути в различных сырьевых материалах, особенно руде/концентрате и извести, а также количество используемой руды/концентратов. Предполагается, что при обогащении руды значительная часть ртути остается в хвостах, которые далее размещаются [4].

#### **Складирование и транспортировка горной массы (вскрышных пород или концентрата)**

При складировании, погрузке и транспортировке горной массы, образуются выбросы от пыления и выхлопных газов транспортных средств, выделяющихся при сжигании топлива карьерным транспортом.

Места перегрузки горной массы (перегрузка с конвейера на конвейер, разгрузка автосамосвалов в отвал или бункер, разгрузка вагонов в бункер или в приямок экскаватора на отвале и т. д.) являются интенсивными источниками пылевыведения. Причем при работе роторных комплексов, дробильно-перегрузочных пунктов, разработке пород, передвижении автомобильного транспорта и бульдозерном отвале образовании все операции технологического процесса сопровождаются активным пылевыведением.

Складирование горной массы или готового концентрата на открытом пространстве обычно вызывает пыление, пыль с осадками может попадать в поверхностные и подземные водные объекты. Выбросы пыли могут выделяться от поверхности отвалов вскрышных пород и штабелей складированной готовой продукции или во время погрузки просыпающегося на землю сухого материала. Объемы пылевых выбросов при складировании зависят от погодных условий, а также от применяемых технологий. Пыление с поверхности отвалов и штабелей уменьшается, если поддерживается достаточная влажность концентрата, и он содержит минимальное количество абсолютно сухого материала. Если концентрат складировается в крытых хранилищах, то выбросы ограничиваются выхлопными газами транспортных средств при погрузке и перевозке.

Полученная в результате КТА информация об удельных показателях загрязняющих веществ является частичной и не отображает полную картину по выбросам

загрязняющих веществ в атмосферный воздух при добыче и обогащении руд цветных металлов, так как из 57 зарегистрированных промышленных предприятий КТА проводился только на 3 предприятиях.

#### **1.5.2.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты**

На время жизненного цикла горнодобывающего предприятия основным фактором воздействия на водную среду является сброс поверхностных и шахтных вод, загрязненных взвешенными частицами и растворенными химическими веществами. Кроме того, при осушении карьеров дренажными шахтами в подземных условиях загрязняются дренируемые грунтовые воды, а при откачке шахтной воды образуются депрессионные воронки, радиус которых может достигать десятков километров. Источниками нагрузки на водоемы могут быть процессы обогащения, а также естественный сток с породных и рудных отвалов и хвостохранилища. К тому же водоемы могут загрязняться пылью, а также поверхностным стоком с поверхности водосбора. Ниже более подробно описывается нагрузка на водоемы от процессов добычи и обогащения руды.

##### **Воздействие при добыче руды**

Из карьера (рудника, шахты) откачиваются на поверхность подземные воды и проникающий туда поверхностный сток для поддержания выработок в сухом состоянии. Потребность в откачивании воды зависит от геологических и гидрогеологических особенностей обрабатываемого месторождения. На химический состав откачиваемой воды влияет вещественный состав руды и вмещающих пород и применяемые для извлечения (добычи) полезного ископаемого взрывчатые вещества.

В зависимости от типа руды, при ее добыче в воду могут проникать соли металлов. Так, при добыче сульфидных руд откачиваемые воды, как правило, кислые и металлосодержащие.

Вода, откачиваемая из горных выработок, может содержать кроме взвешенных веществ и высвобождающихся в реакциях окисления сульфидных минералов металлов и сульфатов еще и остатки взрывчатых веществ. Взрывчатые вещества обычно выполнены на основе аммиачной селитры, поэтому из них могут попадать в рудничные воды нитраты и ионы аммония, вызывающие эвтрофирование водоемов. Взрывчатые вещества могут содержать также органические соединения (например, минеральные масла), токсичные для водных организмов.

Невзорвавшееся при добыче руды взрывчатое вещество попадает с рудой в цех обогащения или с пустой породой в отвалы. Содержащаяся во взрывчатом веществе аммиачная селитра растворяется при обогащении, в воде прудов-отстойников или хвостохранилищ и вызывает загрязнение водоемов нитратным и аммиачным азотом.

Породные отвалы и открытые склады готовой продукции, расположенные на земельных отводах карьеров, шахт и фабрик при таянии снегов или дождях становятся источниками загрязнения поверхностных и подземных (преимущественно грунтовых)

вод. Атмосферная вода, попадая на отвал и стекая с его боковых поверхностей, загрязняется вследствие эрозии пород, а при фильтрации через породную толщу в большей или меньшей степени минерализуется.

Расширение применения в подземных выработках самоходного оборудования, а в открытых горных выработках мощного транспортного и технологического оборудования с ДВС привело к повышению загрязнения шахтных и карьерных вод нефтепродуктами. При добыче руды качественное ухудшение состояния водных объектов и почв может быть последствием утечки масел, используемых в технологическом оборудовании, и химических реагентов с мест их хранения. Также рудничные воды могут содержать существенные концентрации ГСМ от горно-шахтного оборудования. В период производственной деятельности утечки нефтепродуктов в водоемы возможны, вследствие повреждения гидравлических и топливных систем горнодобывающей техники. Нефтепродукты или смешиваются с рудой и попадут в цех обогащения, или проникают в откачиваемую из выработок шахтную воду.

Откачиваемая из карьера (рудника, шахты) вода собирается в резервуар (водосборники), затем, исходя из степени загрязнения, направляется в отстойники или пруды-накопители для дальнейшей очистки и выпуска ее в окружающую среду. Дальнейшее воздействие сброса загрязненных сточных шахтных и карьерных вод в поверхностные водные объекты проявляется в изменении гидрологического и температурного режимом водотока, химического состава, повышении мутности и заиливании дна, что негативно сказывается на водном биоразнообразии, а также на возможностях дальнейшего использования водного объекта.

### **Воздействие при обогащении руд**

При обогащении в водные объекты могут проникать загрязняющие вещества из самой руды или из реагентов, используемых в обогащении. В процессе обогащения руда измельчается механически до мелких минеральных фракций. В процессе рудоподготовки грани кристаллов минералов повреждаются, химический баланс минералов изменяется, тогда с их поверхности могут высвободиться, например, металлы и сера в технологический процесс.

Из флотационных реагентов собиратели, вспениватели, регуляторы среды и флокулянты не вызывают существенного загрязнения водных объектов, так как большая часть реагентов прикрепляется к концентрату при правильной дозировке. Передозировка может привести к попаданию излишков реагента в пульпу и далее на хвостохранилище, где часть разлагается или с оборотной водой поступает в технологический процесс. Относящиеся к группе собирателей ксантогенаты легко разлагаются в водных растворах, не вызывая существенного загрязнения водных

объектов (остатки реагентов: Na и/или K). Также большая часть реагентов-активаторов прикрепляется к поверхности концентрата, и только небольшое их количество с хвостами циркулирует в обороте технологической воде.

Ниже указаны основные аспекты воздействия на водные ресурсы.

Дренаж кислых шахтных вод и загрязнение продуктами выщелачивания (при выщелачивании окисленных медных руд серной кислотой и выщелачивании золота цианидами). Когда горные породы (стенки карьеров и подземных выработок, хвосты, отвалы пустой породы, материалы кучного выщелачивания и выщелачивания из отвалов) подвергаются воздействию кислорода и воды, то при наличии большого количества минералов сульфидов железа (особенно пирита) и недостаточного количества нейтрализаторов, может образовываться кислота. В свою очередь кислота будет выщелачивать или растворять металлы и другие загрязняющие вещества из добытой горной породы и образовывать растворы, одновременно высоко кислотные, с высоким содержанием сульфатов и насыщенные металлами (включая повышенные содержания кадмия, меди, свинца, цинка, мышьяка и т. д.) [5].

Смыв почв и отходов горнодобывающей деятельности в поверхностные воды. Для большинства горнодобывающих проектов серьезной проблемой является возможность эрозии почвы и породы, в результате чего ухудшается качество поверхностных вод. Следовательно, борьба с эрозией должна вестись с самого начала эксплуатации рудника и до завершения рекультивации. Эрозия может вызвать значительное отложение осадков (и любых сопутствующих химических загрязнений) в близлежащих водоемах, особенно в случаях сильных ливней и в период активного снеготаяния. Основные источники эрозии/осадконакопления на участках горных работ могут включать в себя карьеры, участки кучного выщелачивания, отвалы пустой и вскрышной породы, хвостовое хозяйство, подъездные и транспортировочные пути, отвалы руды, места обслуживания техники, участки ГРП, а также участки на стадии рекультивации. Также материалы из нарушенных участков (из горных выработок, отвалов пустой породы, зараженной почвы и т. д.) могут разносить вместе с собственно осадком еще и химические загрязнители, в основном тяжелые металлы.

Воздействие рудничного водоотлива. Откачка и сброс рудничных вод из горных выработок представляет собой комбинацию воздействий на окружающую среду. Когда водоносный горизонт находится выше подземных горных выработок или дна карьера, происходит накопление воды в горных выработках. В этом случае воду из горных выработок необходимо откачивать. При проектировании горно-обогатительных комплексов целесообразно рассчитывать водный баланс общий рудник-фабрика, при этом объединять в пруде-отстойнике рудничные воды и осветленные с хвостохранилища. Тем самым исключается водозабор из природных источников и восполняются потери воды при обезвоживании концентрата и хвостов. В качестве альтернативы, воду можно откачивать из скважин, окружающих шахту (карьер),

создавая депрессионную воронку в водоносном горизонте, таким образом уменьшая проникновение воды в выработки. Когда рудник находится в работе, рудничные воды должны откачиваться постоянно, обеспечивая добычу руды. Однако, когда добыча руды завершается, откачка рудничных вод зачастую прекращается, что может привести к накоплению воды в трещинах, шахтах, горизонтальных выработках, карьерах и неконтрольному поступлению в окружающую среду. В некоторых областях серьезной проблемой могут стать истощение подземных вод и связанные с ними воздействия на поверхностные воды и близлежащие водно-болотные угодья.

Виды воздействия в результате понижения уровня подземных вод могут включать в себя сокращение или полное истощение поверхностных вод; снижение их качества и разрушение связанной с водой хозяйственной деятельности; деградацию среды обитания (не только прибрежных зон, ручьев и водно-болотных угодий, но и на возвышенностях, где в случае снижения уровня грунтовых вод ниже зоны глубоких корней могут пострадать кустарниковые заросли); уменьшение или полное исчезновение воды в домашних колодцах; проблемы с количеством и качеством воды, связанные с перекачкой подземных вод обратно в поверхностные воды ниже по течению от места откачки (осушения).

Если осуществляется водоотлив, откачанную из рудника воду, после соответствующей очистки, можно использовать для смягчения неблагоприятного воздействия на поверхностные воды. Тем не менее, когда осушение прекращается, депрессионные воронки могут восстанавливаться десятилетиями, постоянно снижая объем поверхностного стока.

Меры по снижению уровня загрязнения, основанные на использовании откачанной воды для создания заболоченных территорий, могут осуществляться только в период проведения водоотлива [6].

### **1.5.2.3. Образование и управление отходами производства**

Типичными отходами при добыче металлической руды являются отделяемая при добыче руды вмещающая порода, образующиеся в процессе обогащения хвосты и снимаемый поверхностный слой грунта на этапе строительства (особенно при открытом способе разработки месторождения).

К тому же в производственных процессах может образовываться осадок или ил, приравняемый к отходам, например, в виде остаточного материала процесса растворения или химических реакций осаждения (например, осадок, состоящий из смеси гипса и гидроксидов металлов) или в виде осаждения взвешенных частиц рудничных вод (например, при осветлении откачиваемых из выработок вод).

#### **Вмещающие породы**

Вмещающие породы извлекаются и удаляются как при открытом, так и подземном способе для обеспечения добычи руды. В подземной добыче доля вмещающих пород обычно меньше, чем в открытой, где объемы изымаемых вскрышных и вмещающих

пород могут быть в несколько раз больше, чем объем добываемой руды. Когда месторождение разрабатывается подземным способом, то, как правило, вмещающая порода сразу используется для заполнения выработанного пространства в закладочных смесях, для заполнения провалов и воронок обрушения или же складировается на поверхности земли в период строительства рудника, когда еще нет потребности в закладке выработанных пространств.

Возможности использования вмещающих пород зависят от их геотехнических особенностей и пригодности для окружающей среды. Вмещающие породы хорошего качества могут быть пригодны для сбыта за пределы рудника как строительный материал либо для доизвлечения полезных компонентов/минеральных сырьевых ресурсов, при наличии таковых.

Размещенные на территории рудника временно или постоянно на хранение отвалы пустой породы могут вызывать выбросы минеральной пыли и загрязнение водных объектов. Пустая порода складировается в виде крупнокускового материала, поэтому сильного пыления не происходит. Между крупными кусками может быть мелко измельченный при изъятии минеральный материал, который легко вызывает пыление. Возможное выветривание минерального материала, отсутствие гумусного слоя, обеспечивающего озеленение поверхности отвала, большая высота отвала увеличивают риск ветровой эрозии и вызываемой ею пылевой нагрузки.

Характер выбросов от пустой породы зависит в основном от минералогического и химического состава материала. Если отвал пустой породы содержит сульфидные минералы и является кислотообразующим, то кислые и содержащие металлы стоки из отвала могут загрязнять поверхностные и подземные водные источники. Вымываемые с хвостохранилищ воды содержат также взрывчатые вещества, которые вызывают загрязнение ближайших водоемов азотом.

### **Хвосты обогащения**

Образующиеся в процессе обогащения руд цветных металлов отходы или отвальные хвосты состоят из тонкоизмельченных рудных минералов и вмещающей породы, а также остатков реагентов обогащения. Хвосты размещаются на постоянное хранение в виде пульпы в хвостохранилище, где твердый материал осаждается на дно бассейна, а осветленная вода подается на обработку, циркуляцию в обороте технической воды. По проекту эксплуатации хвостохранилища при намыве пляжей хвостами дамбу постоянно наращивают скальными породами для увеличения вместимости хвостохранилища.

Применение хвостов ограничивают их физические свойства (например, мелко зернистость, прочность) и химические свойства (например, сульфидные хвосты: кислотный потенциал, экологически вредные металлы). Объемы размещаемых на постоянное хранение хвостов можно уменьшить, используя фракции для заполнения пустот подземного рудника либо методы "сухого складирования хвостов".



Использование обезвоженных хвостов для закладки подземных пустот важно с точки зрения производственной деятельности на многих рудниках. Новая технология пастовой закладки позволяет использовать практически все хвосты для заполнения пустот подземного рудника. При этом хвосты концентрируются, и из них готовится пастообразный материал, который накачивается в выработанное пространство [3].

Хвостохранилище может вызвать пылевые выбросы, загрязнение водоемов и иногда распространяет неприятный запах. Поступающие в виде пульпы на хвостохранилище отходы обогащения являются мелкозернистыми и при высыхании могут вызывать сильное пыление. Пылению способствует и большая площадь хвостохранилища и расположение выше уровня земли. В период действия обогатительной фабрики размещение хвостов по всей окружности борта хвостохранилища предотвращает их высыхание. При подаче пульпы с борта хвостохранилища мелкозернистые частицы хвостов перемещаются в центр пруда, более крупные остаются недалеко от места разгрузки. Пыление вероятно, в летний период, особенно при сухой и ветреной погоде, с сухих бортов ограждающих дамб, а также с участков, ограниченных дамбой обвалования и урезом воды пруда-отстойника. Запах (например, флотореагентов) редко может исходить при возможных химических и биологических реакций, происходящих в пруде-отстойнике.

Загрязняющие вещества поступают от хвостохранилищ в подземные водные объекты в результате инфильтрации. Химический состав сточных вод хвостохранилища зависит от состава месторождения, применяемой технологии и реагентов обогащения, а также способа размещения хвостов и строения хвостохранилища.

Объем воды в хвостохранилище регулируется удалением воды из пруда через водосбросный колодец. Вода поступает обычно в отстойник, откуда она после осветления возвращается обратно в технологический процесс. Дамба состоит из насыпанной пионерной дамбы, при намыве хвостов образуется по внутреннему периметру дамбы широкая сухая полоса (так называемый пляж) между дамбой и урезом воды пруда-отстойника для обеспечения стабильности гидротехнического сооружения. Кроме обычного сброса сточных вод сквозь дамбу может просачиваться инфильтрат (рис. 1.11).

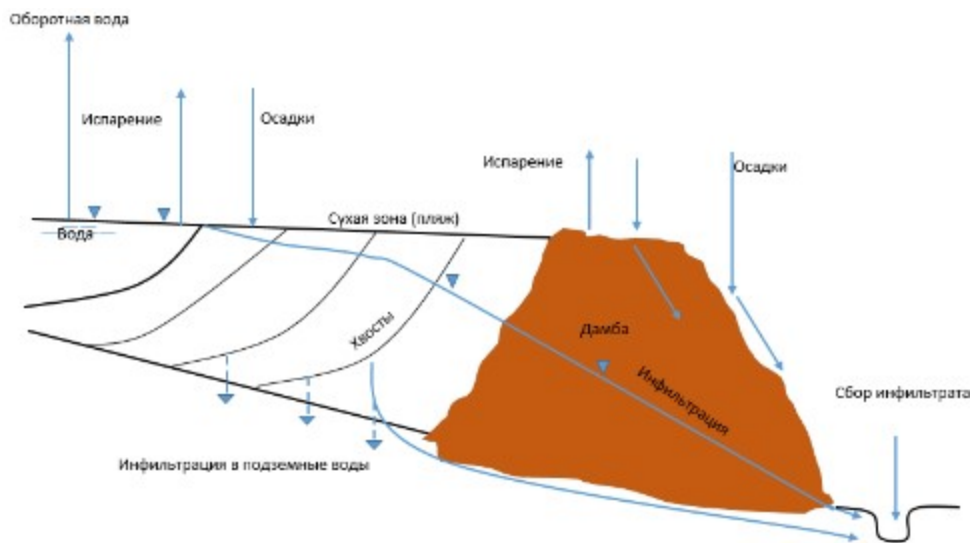


Рисунок 1.11. Потоки вод в зоне дамбы хвостохранилища, где нет плотного основания

Инфильтрат обычно собирается в обводной канал, откуда вода может подаваться обратно на хвостохранилище, если по своему качеству она не пригодна для сброса в водоем. Через дно пруда возможна также инфильтрация в подземные воды, если основание пруда выполнено из водопроницаемого грунта. Обычно на стадии строительства хвостохранилища изучаются свойства грунта, при необходимости основание уплотняется искусственными противофильтрационными материалами (например, полимерное пленочное покрытие, бентонит и т. п.).

### **Удаляемые земляные массы**

На начальном этапе деятельности горного предприятия, особенно при строительстве открытого карьера, поверхность месторождения руды очищается от поверхностного слоя земли. Эти земляные массы складываются поблизости и используются по возможности в земляных работах рудника. Сохраненный растительный слой может быть применен для рекультивации участка после закрытия рудника. В этом случае речь идет о длительном хранении почвогрунта. Если данный грунт не подходит для применения в земляных работах во время строительства или после закрытия рудника из-за своих геотехнических особенностей или экологической неприемлемости, то он размещается на участке на постоянное хранение. Объем и состав удаляемых земляных масс зависят от масштабов разработки, толщины и строения поверхностных грунтов.

### **Осадки и шламы**

В деятельности рудника могут образовываться различные осадки или шламы в процессе обогащения или при обработке воды. Во время обогащения осадки образуются при химической обработке избыточных растворов или промывочных вод процесса выщелачивания.

При обработке рудничных вод могут образовываться как осадки, так и шламы (илы). Минеральный гидроксидный осадок образуется при химической обработке воды, например, при нейтрализации или осаждении. Гидроксидный осадок образуется также в результате аэрации железосодержащей воды в хвостохранилище. Состав осадка зависит от химического состава воды и использованных реагентов.

При обработке воды образуется шлам (ил) в т. ч. при удалении взвешенных веществ из рудничной и технологической воды. Взвешенные вещества удаляются из воды обычно путем отстаивания, осаждения или седиментации в бассейне-осветлителе. При подземной разработке осветлители могут находиться как в очистном пространстве под землей, так и на поверхности. При открытом способе добычи бассейны находятся недалеко от карьера на поверхности земли. Осветление технологической воды проводится чаще всего на территории хвостохранилища до возвращения ее в производственный цикл. На дне бассейнов-осветлителей собирается шлам (ил), который состоит из мелко размолотых рудных минералов и просеянного материала и может содержать также остатки взрывчатых веществ (ил шахтных и карьерных вод) или реагентов обогащения (ил технологических вод). Осадок и ил размещается на постоянное хранение на территории рудника или на специально созданных для этого полигонах, или вместе с другими отходами рудника. Требования относительно постоянного размещения зависят от состава осадка и ила. В зависимости от состава и размещения осадка и ила, с ними могут быть связаны пылевые выбросы и со стоками рудника попадающие в водоемы сбросы.

### **Другие отходы**

Кроме вышеперечисленных отходов горного и обогатительного производства на горно-обогатительных предприятиях образуются:

- металлический скрап (отработанные мелющие шары или стержни);
- отходы тары флотореагентов;
- отходы картона и бумаги;
- отработанные масла и нефтепродукты;
- металлолом;
- отходы электрических и электронных приборов;
- отходы резины и пластика;
- канализационные стоки;
- прочие.

Отходы сортируются и направляются на рециклинг или места хранения. Объем вывозимых на полигоны отходов должен быть минимальным.

### **1.5.2.4. Шум и вибрация**

На предприятиях горнодобывающей промышленности в силу специфических особенностей технологии подземной и открытой добычи полезных ископаемых на работников одновременно действует многообразие неблагоприятных факторов

производственной среды (пыль, шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат и др.), степень выраженности которых во многом зависит от конкретных климатогеографических и горно-геологических условий на предприятиях.

В деятельности горных предприятий основными источниками шума и вибрации являются взрывные работы, буровые работы, процессы погрузки и перевозки горной массы, шум от двигателей транспортных средств, конвейерный и железнодорожный транспорт, вентиляторные установки, дробление, раскалывание слишком крупных каменных глыб, связанная с дроблением сортировка, измельчение. Совокупное воздействие от работающих экскаваторов, бульдозеров, взрывных работ, транспорта, дробления и измельчения руды, а также складирования материала в отвалы может значительно повлиять на дикую природу и жителей близлежащих районов. На обогатительных фабриках шум и вибрация связаны с рудоподготовкой в цехах дробления и измельчения, а также в отделении воздуходувок. Процессы производственного цикла, начиная с дробления, проходят, в основном, в закрытых помещениях. При этом воздействие шума на окружающую среду может быть ограничено с помощью проектных решений. В некоторых случаях источники шума цеха обогащения и вспомогательных операций (возхоудувки и проч.) могут быть существенными из-за их узкополосности.

Вибрация связана с работой разнообразной техники, используемой в добыче полезных ископаемых, но взрывные работы считаются ее основным источником. Вибрация влияет на стабильность инфраструктуры, зданий, человеческого жилья вблизи крупномасштабных горнодобывающих предприятий. При взрывных работах кроме вибрации наблюдается колебание воздуха, которое находится частично в частотном диапазоне слуха человека, а частично ниже его. Это низкочастотное, появляющееся при взрыве, колебание воздуха называется волной атмосферного давления. Факторы, влияющие на силу волны, меняются в зависимости от взрыва, что усложняет оценку силы волны атмосферного давления. На распространение волны атмосферного давления в окружающую среду и риск наносимого ею ущерба влияют погодные условия, рельеф, препятствия и направление волны. Другими причинами возникновения волны атмосферного давления являются импульсы атмосферного давления и колебаний земли. Волна атмосферного давления большая, когда взрыв происходит в воздухе или поверхностным зарядом.

#### **1.5.2.5. Воздействие на земельные ресурсы и почвенный покров**

Горные работы обычно изменяют окружающий ландшафт, поскольку обнажают ранее нетронутые рыхлые материалы.

Почвы, которые подверглись химическому загрязнению в результате разливов на рудниках, могут представлять прямую и непосредственную опасность в случае, если эти материалы используются для возведения насыпей, создания декоративного антропогенного ландшафта или в качестве добавок к почве [5].

При складировании отвальных хвостов флотационных обогатительных фабрик задействуются огромные по размеру земельные участки под хвостохранилища. Объем хвостов равен объему добытой руды с вычетом 2–3 % выхода концентрата. Хвостовое хозяйство является гидротехническим сооружением, которое включает хвостохранилище, пруд отстойник, аварийный пруд, оконтуренные ограждающими дамбами, а также комплекс насосных станций для перекачки хвостов и воды. Занимаемые площади с каждым годом растут с объемом добытой руды. Основную угрозу для земельных ресурсов и почвенному покрову может явиться прорывы дамбы или трубопровода, при которых будут затоплены гектары земельных участков.

### **1.5.3. Воздействие на флору и фауну**

Горные работы воздействуют на окружающую среду и связанную с ней биотипами путем уничтожения растительности и верхнего ПСП, перемещения фауны, выбросов загрязняющих веществ и шумового воздействия. Некоторые виды воздействия являются кратковременными и ограничены территорией горного отвода; другие могут иметь далеко идущий долгосрочный эффект.

Воздействие на животный мир на рассматриваемых территориях выражается в исключении площади отвода земель как местообитания, в факторе беспокойства, связанного с присутствием людей, работой техники и движения автотранспорта.

Горные работы на поверхности могут привести к деградации водных местообитаний, при этом воздействие будет ощущаться на значительной площади от предприятия.

### **1.5.4. Воздействие при ликвидации и рекультивации**

Заккрытие добывающего предприятия и рекультивационные работы становятся актуальными, когда экономически выгодные запасы руды истощаются, или, когда горнодобывающая деятельность окончательно прекращается. Целью рекультивации и ликвидации последствий производственной деятельности горнодобывающего предприятия должно быть возвращение участка земли в состояние, максимально идентичное его исходному состоянию с целью предотвращения выделения токсичных загрязняющих веществ из различных производственных объектов.

При выполнении ликвидационных и рекультивационных работ, как и при производственной деятельности, возможно загрязнение атмосферного воздуха твердыми (пыль) и газообразными (выхлопные газы) веществами, образование и размещение отходов от демонтажа зданий и сооружений, образование загрязненного поверхностного стока и сброса шахтных вод в водные объекты, физические факторы воздействия.

Надлежащее выполнение ликвидационных работ предотвращает образование загрязненных стоков, нарушение целостности дамб.

Работы по ликвидации и рекультивации последствий деятельности горнодобывающего предприятия должны проводиться в соответствии с требованиями

Инструкции по составлению плана ликвидации (приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 24 мая 2018 года № 386) и правил приемки результатов обследования и работ по ликвидации последствий операций по недропользованию.

## **2. Методология определения наилучших доступных техник**

Процедура определения НДТ для области применения настоящего справочника по НДТ организована НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов" в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)" в соответствии с положениями Правил.

В рамках данной процедуры учтены международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ [7].

### **2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ**

Определение НДТ основывается на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса, а также на соблюдении последовательности действий технической рабочей группы по вопросам разработки справочника по НДТ "Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)":

1. Определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий.

Для каждого технологического процесса добычи, обогащения руд цветных металлов определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенных КТА предприятий в области применения настоящего справочника по НДТ.

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, для каждого технологического процесса в отдельности был определен перечень маркерных веществ при условии их соответствия следующим характеристикам:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса (вещества, обоснованные в проектной и технологической документации);

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду и (или) здоровье населения, в том числе, обладающее высокой токсичностью, доказанными канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, кумулятивным эффектом, а также вещества, относящиеся к стойким органическим загрязняющим веществам;

2. Определение и описание техник-кандидатов, направленных на комплексное решение экологических проблем отрасли.

При формировании перечня техник-кандидатов рассматривались технологии, способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, которые направлены на комплексное решение экологических проблем области применения настоящего справочника по НДТ, из числа имеющихся в Республике Казахстан (выявленных в результате КТА) и международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень из техник-кандидатов, представленный в разделе 5.

Для каждой техники-кандидата приведены технологическое описание и соображения касательно технической применимости техник-кандидатов; экологические показатели и потенциальные выгоды от внедрения техники-кандидата; экономические показатели, потенциальные кросс-медиа (межсредовые) эффекты и необходимые условия;

3. Анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической эффективности.

В отношении рассматриваемых в качестве НДТ техник-кандидатов была проведена оценка в следующей последовательности:

1. Оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости.
2. Оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

Был проведен анализ экологического эффекта от внедрения техник-кандидатов, выраженный в количественном значении (единица измерения или % сокращения/увеличения), в отношении следующих показателей:

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

почва, недра, подземные воды: предотвращение и (или) сокращение влияния на компоненты природной среды;

отходы: предотвращение и (или) сокращение образования/накопления производственных отходов и/или их вторичное использование, восстановление отходов и энергетическая утилизация отходов;

потребление сырья: сокращение уровня потребления, замещение альтернативными материалами и (или) отходами производства и потребления;

энергопотребление: сокращение уровня потребления энергетических и топливных ресурсов; использование альтернативных источников энергии; возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации тепла; сокращение потребления электро- и теплоэнергии на собственные нужды;

шум, вибрация, электромагнитные и тепловые воздействия: снижение уровня физического воздействия.

Также учитывалось отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

Соответствие или несоответствие техники-кандидата каждому из вышеперечисленных показателей основывалось на сведениях, полученных в результате КТА.

### 3. Оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности техники-кандидата не является обязательной, однако по решению большинства членов технической рабочей группы, экономическая оценка НДТ проводилась членами технической рабочей группы-представителями промышленных предприятий в отношении некоторых техник, имеющих внедрение и эксплуатируемых на хорошо функционирующих промышленных установках/заводах.

Факт промышленного внедрения устанавливался в результате анализа сведений, выявленных в результате КТА.

### 4. Определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

Определение уровней эмиссий и иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в большинстве случаев применено в отношении техник, обеспечивающих снижение негативного антропогенного воздействия и контроль загрязнения на конечной стадии производственного процесса.

## 2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с п. 3 ст. 113 Экологического кодекса НДТ определяются на основании сочетания следующих критериев:

- 1) использование малоотходной технологии;
- 2) использование менее опасных веществ;
- 3) способствование восстановлению и рециклингу веществ, образующихся и используемых в технологическом процессе, а также отходов, насколько это применимо ;
- 4) сопоставимость процессов, устройств и операционных методов, успешно испытанных на промышленном уровне;
- 5) технологические прорывы и изменения в научных знаниях;
- 6) природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;
- 7) даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;
- 8) продолжительность сроков, необходимых для внедрения НДТ;
- 9) уровень потребления и свойства сырья и ресурсов (включая воду), используемых в процессах, и энергоэффективность;
- 10) необходимость предотвращения или сокращения до минимума общего уровня негативного воздействия эмиссий на окружающую среду и рисков для окружающей среды;
- 11) необходимость предотвращения аварий и сведения до минимума негативных последствий для окружающей среды;



12) информация, опубликованная международными организациями;

13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

## **2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ**

### **2.3.1 Подходы к экономической оценке НДТ**

НДТ, как правило, широко известны во всем мире, а экономическая оценка является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ. НДТ также считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной промышленной эксплуатации. Так, странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Следует понимать, что НДТ не всегда приносят экономический эффект и их применимость определяется инвестиционной обоснованностью использования тех или иных технологических процессов, установок/агрегатов/оборудования, стоимости реагентов и компонентов, соотношения затрат и выгод, стоимости капитала, сроков реализации внедрения НДТ и многих других факторов. Общая экономическая эффективность НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия, планово-экономические финансовые службы предприятия проводят самостоятельное технико-экономическое обоснование осуществимости НДТ.

В соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами экономическая оценка эффективности внедрения НДТ может осуществляться различными способами:

по инвестиционной обоснованности затрат;

по анализу затрат и выгод;

по отношению затрат к ряду ключевых показателей предприятия: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость и др. (при доступности соответствующих финансовых данных);

по затратам к достигаемому экологическому результату и др.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты финансово-экономической деятельности предприятия и может служить источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет к экономической оценке НДТ наиболее приемлемый для него, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ оценки или их сочетание.

По результатам общей экономической оценки НДТ могут быть ранжированы, как:

экономически эффективные, когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость продукции;

экономически эффективные при определенных условиях, когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для

экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

экономически неэффективные, когда техника приводит к увеличению затрат, а дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоразмерны полученным экологическим выгодам.

При выборе между несколькими альтернативными НДТ проводится сравнение соответствующих показателей экономической эффективности для определения наименее затратных.

В целом переход на принципы НДТ должен быть экономически выгоден предприятию и не должен снижать его экономическую эффективность и ухудшать финансовое состояние в долгосрочной перспективе.

При экономической оценке НДТ должны быть также приняты во внимание вопросы возможности реализации проектов НДТ в целом по отрасли с учетом сохранения текущего уровня эффективности и рентабельности производства в долго-, средне- и краткосрочной перспективе.

НДТ может быть признана экономически приемлемой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод подтверждается в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих существенных инвестиционных капитальных вложений, должен быть определен разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и инвестиционными возможностями оператора объекта. При этом ответственность за доказательство условий, по которым к процессу внедрения НДТ должен быть применен особый режим, несет оператор объекта.

### **2.3.2 Способы экономической оценки НДТ**

С точки зрения прибыльности и экономичности инвестиции в НДТ оцениваются, как:

прибыльные – в случае получения дополнительных доходов от их реализации или экономии средств;

неприбыльные в доходной части, но допустимые с точки зрения текущего или будущего финансового состояния компании;

неприбыльные и недопустимые по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

#### **2.3.2.1. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия**

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды может быть проанализировано соотношение расходов на НДТ и

ряда ключевых экономических результатов деятельности предприятия: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и др. (при доступности данных).

Для оценки затрат рекомендуется (или можно) применять шкалу справочных значений, полученных по данным анкетирования предприятий ЕС (Голландия) [8], ранжирующих значения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиции относительно малы по сравнению с ключевыми показателями и можно считать их приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда затруднительно или невозможно дать четкую оценку целесообразности инвестиций;

неприемлемые затраты – если инвестиции чрезмерны по отношению к ключевым результатам деятельности предприятия.

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [8]

№ п/п	Соотношение затрат к ключевым показателям	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
1	2	3	4	5
1	Годовые затраты/оборот	< 0,5 %	0,5 – 5 %	> 5 %
2	Годовые затраты/операционная прибыль	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %
3	Годовые затраты/добавленная стоимость	< 2 %	2 – 50 %	> 50 %
4	Годовые затраты/общие инвестиционные расходы на НДС	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %
5	Годовые затраты/годовой доход	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %

Шкала справочных значений позволяет быстро исключить технологии с явно высокими затратами или определить техники, затраты на внедрение которых можно считать осуществимыми без какого-либо дополнительного анализа.

Вместе с тем, ввиду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые", значительная часть осуществляемых природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их слишком неопределенными для однозначного вывода об обоснованности инвестиций.

В этом случае целесообразность вложений должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких как период реализации проекта по

внедрению НДТ, общий уровень инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и др.

В целом шкала справочных затрат может рассматриваться как оценочный ориентир, применимый в некоторых случаях оценки НДТ, и использоваться для построения предприятием собственной шкалы значений с учетом своего финансово-экономического состояния, которые могут применяться при рассмотрении вопросов внедрения НДТ.

Также при наличии данных о годовом объеме производства и доходах от реализации товарной продукции могут быть определены такие важные показатели экономической эффективности, как затраты предприятия на внедрение НДТ по отношению к единице произведенной продукции, то есть объем денежных средств, который предприятие расходует на внедрение НДТ при производстве единицы продукции, а также прирост себестоимости на единицу продукции.

### **2.3.2.2. Прирост себестоимости на единицу продукции**

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются дополнительные затраты, которые несет предприятие при ее внедрении в текущий производственный процесс. Это увеличивает себестоимость продукции и снижает потенциал НДТ с точки зрения ее экономической эффективности.

Себестоимость производства единицы продукции определяется как отношение общих годовых денежных затрат на производство продукции к годовому физическому объему производства. Процентное соотношение общих годовых затрат на внедрение НДТ и производственной себестоимости выражает прирост затрат на производство с учетом дополнительных расходов предприятия на природоохранные мероприятия.

Например, европейское исследование на автозаправочных станциях показывает, что технология улавливания паров привела к увеличению себестоимости бензина на 0,1–0,2 евроцента за литр. По сравнению с операционной маржой в 12,0 евроцентов за литр представляется, что увеличение себестоимости приемлемо с точки зрения эффективности.

### **2.3.2.3. Соотношение затрат и экологического результата**

Для настоящего справочника основным способом экономической оценки НДТ определен анализ расходования денежных средств предприятия на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от ее внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения отходов. Соотношение данных величин определяет эффективность вложенных средств на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества и/или отходов в годовом исчислении.

Эффективность затрат =	Общие годовые затраты
	Годовое сокращение эмиссии

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат (расходов) в годовом исчислении (пересчет в годовом исчислении производится с коэффициентом годового пересчета, как функции срока службы оборудования и ставки дисконтирования) и операционных (эксплуатационных) расходов, распределенных по всему сроку службы рассматриваемой техники.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$

где:

$I_0$  - общие инвестиционные расходы в год приобретения,

OC - годовые чистые операционные расходы,

r - ставка дисконтирования,

n - ожидаемый срок службы.

Годовые затраты отражают объем инвестиций на проект внедрения НДТ с учетом временной стоимости капитала и сроком службы соответствующего оборудования.

Для правильного определения годовых затрат на НДТ должна быть применена согласованная ставка дисконтирования с учетом срока службы средозащитного оборудования, а также обеспечена достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение по элементам эксплуатационных затрат.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств оператора НДТ в годовом исчислении, который расходуется на уменьшение эмиссии загрязняющего вещества на одну единицу массы/объема.

Сравнение полученных показателей соотношения затрат к достигнутому экологическому результату по различным техникам-кандидатам позволяет сделать вывод насколько экономически эффективна, с точки зрения денежных затрат предприятия на НДТ, та или иная техника-кандидат и, соответственно, принять решение об ее использовании или отказа от данной НДТ.

Как правило, перед внедрением НДТ планово-экономические/финансовые службы предприятия проводят технико-экономическое обоснование ее осуществимости. При этом применение НДТ может быть связано с большими затратами и не всегда приносить экономический эффект.

В качестве ориентировочных может быть приведен приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике голландских предприятий [9].

Таблица 2.2. Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества

№ п/п	Загрязняющее вещество	Затраты, евро/1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ
1	2	3
1	ЛОС	5
2	Пыль	2,5
3	NO <sub>x</sub>	5
4	SO <sub>2</sub>	2,5

### 2.3.3. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

При экономической оценке НДТ может оказаться полезным расчет платежей, подлежащих к выплате за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан и экологических штрафов, установленных Административным кодексом РК.

В настоящее время на государственном уровне принимаются меры по стимулированию внедрения НДТ, в частности для предприятий, внедряющих НДТ, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, уплачиваемых за негативное воздействие на окружающую среду, и достигаемая экономия средств может стать решающим фактором для принятия решения о внедрении НДТ. Кроме того, с 2025 года в целях активной реализации мер по защите окружающей среды и применения НДТ к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду предприятиями I категории будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028 года – коэффициент 4 и с 2031 года – коэффициент 8 [10].

Кроме ставок платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местные представительные органы (маслихаты) также имеют право повышать установленные ставки платы (за исключением выбросов загрязняющих веществ от сжигания попутного и/или природного газа в факелах), но не более, чем в 2 раза.

Порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на основании соответствующего экологического разрешения регулируются налоговым законодательством Республики Казахстан [11].

Осуществление эмиссий без экологического разрешения на действующий объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, влечет штраф в размере десяти тысяч процентов от соответствующей ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в отношении превышенного количества загрязняющих веществ [12].

### 2.3.4 Расчет на установке

Процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства.

Для исключения влияния других инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе своей обычной производственной деятельности или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах на первичные и вторичные мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которую предприятие расходует на НДТ.

В таких условиях для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта осуществляет в ходе реализации таких мероприятий, объективными данными, используемыми для определения НДТ, являются данные о расходах на природоохранное мероприятие на установке, то есть направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду на данном технологическом этапе или средозащитной установке.

В расчетах на установке в общую сумму затрат включается:

стоимость основной технологии/установки/оборудования и других необходимых компонентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ;

стоимость дополнительных и вспомогательных пред/после очистных технологий/установок/оборудования и сооружений;

стоимость необходимых расходных материалов, сырья и реагентов, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет на установке исключает фактор неопределенности при классификации общих расходов оператора объекта по статьям затрат, а также позволяет сравнить затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям. Такой же принцип используется при расчете выгод НДТ.

Конкретные примеры расчетов по экономической оценке НДТ для каждой отрасли просчитываются в рамках технико-экономического обоснования (ТЭО).

### **3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время**

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов, в числе которых добыча руд открытым и подземным способами, обогащение руд цветных и драгоценных металлов.

Разработка месторождений руд цветных металлов (включая драгоценные) – это совокупность взаимосвязанных технологических процессов. Разработка месторождений цветных руд ведется в пределах лицензионного участка на основании

утвержденного протокола запасов и в соответствии с разработанным и прошедшим государственные экспертизы проектом.

При разработке месторождений производится вскрытие продуктивных рудных залежей, выемка полезного ископаемого и транспортировка его к местам дальнейшей переработки или полезного использования. В последующих разделах более подробно описываются этапы горнодобывающей деятельности.



Рисунок 3.1. Схема основных технологических процессов горнодобывающего предприятия [3]

### 3.1. Открытая добыча руд цветных металлов (включая драгоценные)

Преимуществами открытого способа добычи перед подземным являются возможность обеспечения высокого уровня комплексной механизации и автоматизации горных работ, что обеспечивает высокую производительность труда и меньшие затраты на добычу полезного ископаемого; более безопасные и комфортные условия труда; более полное извлечение полезного ископаемого; меньшие удельные капитальные затраты на строительство горного предприятия.

К основным недостаткам открытого способа отработки запасов месторождения можно отнести: необходимость выемки из карьера (или перемещения в его контуре) значительных объемов вскрышных пород (объем удаляемых вскрышных пород обычно значительно превышает объем добываемого полезного ископаемого), соблюдения определенной последовательности отработки слоев (выемка нижележащего слоя горных пород можно начинать только с некоторым отставанием во времени от начала выемки вышележащего слоя), временного отчуждения значительных площадей земли, существенное изменение ландшафта, гидрологической ситуации в районе ведения добычных работ. Кроме того, в карьерах значительной глубины создаются трудности в удалении газов и пыли после взрывных работ, что ухудшает санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих и загрязняет окружающую среду.



Основными процессами открытых горных работ являются (рис. 3.2.): снятие ПСП, производство вскрышных работ, БВР, добыча руды, транспортировка, первичное дробление, складирование отвальных пород.

При открытой добыче руд основными источниками воздействия на атмосферный воздух являются выбросы пыли при проведении работ по снятию и хранению ПСП, при производстве вскрышных, добычных работ, выбросы пыли и газообразных веществ при БВР и работе горнотранспортного оборудования, а также выбросы пыли при первичном дроблении и складировании отвальных пород.

Все источники выбросов загрязняющих веществ являются неорганизованными. Основными загрязняющими веществами являются пыль неорганическая, содержащая 70–20 % двуокиси кремния, азота диоксид, азота оксид, углерод (сажа), керосин, сера диоксид, углерод оксид.

В процессе разработки карьера открытым способом в случае вскрытия водоносного горизонта образуются карьерные сточные воды, а также дождевые (ливневые) и талые сточные воды. Вода расходуется на производственные нужды, либо направляется в пруды-испарители.



Рисунок 3.2. Схема технологического процесса открытых горных работ

При открытой добыче руд цветных металлов (включая драгоценные) на предприятиях могут использоваться следующие энергетические ресурсы:

- моторное топливо (дизельное топливо);
- электрическая энергия.

В виду того, что на предприятиях в большей степени не налажен отдельный учет потребляемых энергетических ресурсов по технологическим переделам были рассмотрены укрупненные показатели потребления ТЭР и удельных расходов на производимую продукцию.

В таблице 3.1 представлены текущие объемы потребления энергетических ресурсов, применяемых при открытой добыче руд цветных металлов (включая драгоценные).

В качестве удельных расходов потребления ресурсов определено потребление ресурсов на тонну добытой руды.

Таблица 3.1. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов

№ п/п	Наименование объекта	Потребляемый ресурс	Целевое назначение использования	Годовое потребление, т у.т	Удельное потребление, т у.т./т
1	2	3	4	5	6
1	B1	Электрическая энергия	Вскрыша и добыча	1 339,589	0,00140 – 0,00200
2	B2			86,592	0,00018 – 0,00037
3	B3			554,796	0,00040 – 0,00058
4	B4			312,920	0,00006 – 0,00024
5	C1			25 530,683	0,00040 – 0,00130
6	E1			3 090,011	0,00066 – 0,00731
7	F1			91,373	0,00028 – 0,00038
8	G1			845,502	0,00010 – 0,00012
9	H2			48,450	0,00001 – 0,00015
10	H3			6,289	0,00002 – 0,00003
11	B2	Моторное топливо	Вскрыша и добыча	3 428,202	0,00358 – 0,00513
12	B3			2 773,735	0,00198 – 0,00292
13	B4			1 581,018	0,00029 – 0,00120
14	E1			9 984,830	0,00214 – 0,02360
15	E2			21 721,174	
16	F1			301,019	0,00091 – 0,00125
17	F2			5 425,809	0,00018 – 0,00042
18	G1			14 067,320	0 00165 – 0,00191
19	H2			94,383	0,00002 – 0,00029
20	H3			417,006	0,00102 – 0,00179

Из представленной таблицы видно, что удельный расход электрической энергии на добытую руду открытым способом может варьироваться в пределах от 0,00001 до 0,00731 т у.т. на тонну добытой руды. Такое большое расхождение в удельных расходах связано, в первую очередь, с особенностями учета и распределения потребления энергетических ресурсов на различных предприятиях. Потребление электрической энергии различными предприятиями также сильно зависит от доступа к распределительным сетям энергопередающих предприятий, очень часто расположение рудников находится на значительном расстоянии от электрических сетей энергопередающих организаций и источников электрической и тепловой энергии.

Удельный расход моторных топлив на добытую открытым способом руду варьируется от 0,00002 до 0,02360 т у.т. на тонну добытой руды. Такое расхождение в удельных расходах на различных предприятиях связано с особенностями рассматриваемых предприятий, а также с используемым оборудованием и техникой в процессе вскрыши и добычи (использование для транспортировки и экскавации карьерного автотранспорта и спецтехники, работающей на моторном топливе).

### **3.1.1. Снятие ПСП и его складирование**

В соответствии с основными положениями по восстановлению земель предприятия, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым способом, а также проводящие другие работы, вызывающие нарушение почвенного покрова (механическое повреждение, загрязнение, затопление), обязаны снимать и транспортировать к месту укладки (или временного хранения) ПСП и наносить его на восстанавливаемые земли или малопродуктивные уголья.

Горнотехническая рекультивация земель, нарушенных горными работами, начинается со снятия ПСП на всех площадях, отведенных под производственные объекты предприятия. Снятие ПСП с использованием бульдозеров различных моделей является наиболее распространенным. ПСП снимается последовательными заходками, и создается временный почвенный штабель. Погрузка почвы производится экскаваторами или погрузчиками в транспортные средства. Бульдозер работает по следующей схеме: машина срезает и перемещает слой почвы в штабель на расстояние, не превышающее оптимальное расстояние транспортирования, исходя из конструктивных особенностей оборудования, а затем возвращается в исходное положение, и цикл повторяется.

При наличии автотранспорта его целесообразно использовать для перевозки плодородного грунта. В этом случае снятый бульдозером плодородный слой собирается в штабель с последующей погрузкой в транспорт погрузчиком. Съём ПСП и погрузку его в автотранспорт можно осуществить погрузчиками на гусеничном или пневмоколесном ходу. Погрузчики обладают большой маневренностью, высокой производительностью и применяются на выемочно-погрузочных работах в карьере. По техническим параметрам погрузчик может снимать ПСП и укладывать их в штабель с

последующей погрузкой в транспорт. При использовании погрузчиков площадь, отведенная для съема почвы, разрабатывается отдельными участками. Обычно длина участка не превышает 100 м. Складирование ПСП осуществляется во временные отвалы.

Таблица 3.2. Типы применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)

№ п/п	Наименование предприятия/структурного подразделения	Оборудование вспомогательных процессов (снятие плодородного слоя, зачистка забоев, подготовка дорог, отвалообразование)
1	2	3
1	B1	Бульдозеры Cat-D9R, автогрейдер Cat-16M, полив автодорог и забоев Cat-773E
2	B2	Бульдозер CAT, автогрейдер Cat-16H, погрузчик Cat-980H, полив автодорог и забоев БелАЗ
3	B3	Бульдозеры Т-25.01 и ТК25.02, автогрейдеры ДЗ-98 В, полив автодорог и забоев БелАЗ
4	C2	Погрузчик Cat-980H, гидромолот Hitachi EX1200-6
5	D1	Полив автодорог и забоев БелАЗ - 7846А
6	E1	Бульдозеры CAT D-9R
7	E2	Бутобой ProfBreaker PB300S
8	H2	Бульдозеры Шантуй 22, Шантуй 32, автогрейдер ДЗ-98
9	H3	

Снятие и складирование ПСП осуществляется в соответствии с требованиями действующих правовых актов и национальных стандартов. Временные отвалы ПСП размещаются в основном поперек склонов, что препятствует выносу ПСП ливневыми потоками за пределы участка, смыву и размыву участка складирования. Снятие, транспортировка и складирование ПСП выполняются в период естественного увлажнения почвы, что исключает пыление. В случае длительного хранения производится засев поверхности отвала семенами многолетних трав.

В результате проведения КТА были получены данные по выбросам пыли, которые приведены в таблице ниже.

Таблица 3.3. Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА)

№ п/п	Наименование объекта	Валовые выбросы загрязняющих веществ, т	
		макс	мин
1	2	3	4
1	B3	0,5431	0,54298
2	B8	158,531076	95,357327

3	C1	560,2161	322,457
4	E1	1725,0935	339,9629

Из таблицы 3.3 следует, что валовые показатели выбросов загрязняющих веществ при снятии ПСП в процессе открытой добычи варьируются от 0,5431 до 560,2161 т, не превышая максимальные показатели. Данное расхождение в валовых показателях выбросов на различных предприятиях связано с особенностями рассматриваемых предприятий, а также с используемым оборудованием и техникой в процессе снятия и складирования ПСП.

### 3.1.2. Вскрытие карьерного поля

Способ вскрытия определяется рядом признаков, в первую очередь видом вскрываемых выработок. Вскрытие рабочих горизонтов осуществляется посредством сооружения наклонных (капитальных) открытых выработок с поперечным сечением ступенчатой формы или в виде трапеции (траншей) или треугольника (полутраншей) для обеспечения сформированных на уступах грузопотоков транспортными коммуникациями, позволяющими перемещать грузы с рабочих горизонтов до пунктов приема на поверхности или на промежуточных горизонтах. Вскрывающие выработки начинаются с поверхности или уже вскрытого промежуточного рабочего горизонта и заканчиваются на отметке рабочей площадки вскрываемого горизонта.

Обычно вскрывающие наклонные траншеи существуют в течение всего времени эксплуатации месторождения и служат для перемещения из карьера пустых пород и полезного ископаемого. Поэтому эти траншеи называются капитальными. Траншеи, предназначенные для движения колесных транспортных средств (железнодорожный и автомобильный транспорт), должны быть наклонными. В зависимости от числа уступов (один, группа или все уступы карьера), обслуживаемых траншеями с общей трассой, различают соответственно отдельные, групповые и общие траншеи [13].

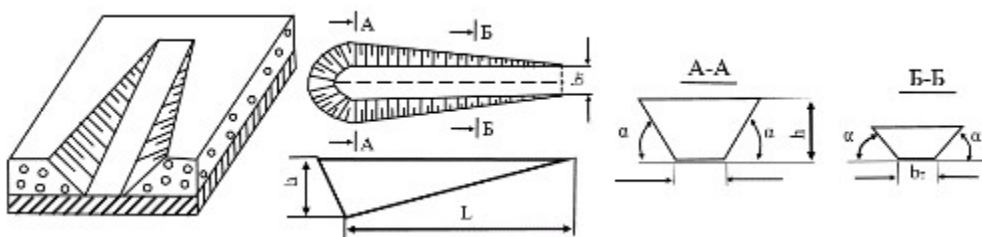


Рисунок 3.3. Параметры наклонной траншеи

На основании КТА в большинстве случаев на предприятиях Казахстана рабочие горизонты карьера вскрыты траншейным способом (капитальными траншеями или полутраншеями). Например, вскрытие месторождения В4 осуществляется наклонными траншеями с общей прямой трассой и выездами на южный борт карьера. Вскрытие горизонта осуществляется въездной траншеей. Достигнув отметки уступа, проводят горизонтальную разрезную траншею, подготавливающую горизонт к очистной выемке.

По мере развития горных работ на верхнем горизонте проходят въездную траншею на нижележащий горизонт, при этом проходима траншея служит продолжением лежащей выше при наличии между частями траншеи горизонтальной площадки.

Вскрытие с использованием подземных выработок применяется в особых условиях разработки.

### 3.1.3. Вскрышные работы

Вскрышные работы – горные работы по удалению покрывающих руду пустых (вскрышных) пород включают процессы подготовки пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортировку и отвалообразование. Вскрышные работы ведутся для создания первоначального фронта добычных работ при строительстве карьеров и в период эксплуатации для сохранения и развития этого фронта. Вскрышные породы, не содержащие полезных компонентов, удаляются во внешние или внутренние отвалы. В случае если вскрышные породы пригодны в строительной сфере (песок, глина, известняк и так далее), они могут направляться на дальнейшую переработку в виде дробления и сортировки или реализовываться сторонним потребителям [14].

Вскрышные работы подразделяются на горно-капитальные и текущие.

Горно-капитальные вскрышные работы в основном выполняются на карьере до его ввода в эксплуатацию на пусковую мощность и к ним относятся работы, связанные с удалением вскрышных пород, а также включают возведение первоначальных отвальных насыпей. После ввода в эксплуатацию к горно-капитальным вскрышным работам также будут относиться работы по проходке капитальных траншей и полутраншей, тоннелей, рудоспусков и т. д. При реконструкции и расширении карьера к горно-капитальным вскрышным работам относятся проходка постоянных вскрывающих выработок и удаление пустых пород в объеме, определенном технико-экономическими расчетами.

Текущие вскрышные работы производятся на предприятии в период его эксплуатации. Это работы по зачистке вскрытых запасов полезных ископаемых, проведению очередных участков разрезных траншей на вскрытых уступах (для увеличения длины фронта работ), удалению покрывающих и вмещающих пустых пород в отвалы [15].

Таблица 3.4. Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)

№ п/п	Наименование предприятия/структурного подразделения	Типы выемочных машин на вскрышных и добычных работах	Технические характеристики, определяющие степень воздействия на окружающую среду
1	2	3	4

1	B1	Экскаваторы CAT-5130B, Hitachi EX 1200-6, Volvo EC750D, погрузчик CAT-992G	Массогабаритные размеры Давление на грунт Тип, объем и мощность ДВС Тип используемого топлива Расход топлива Угол поворота экскаватора Объем ковша Механизм хода (гусеничный или колесный) Система пылеподавления Продолжительность рабочего цикл Гидравлическая система Потребляемая мощность электродвигателей Ресурс до капитального ремонта Показатели по шуму, вибрации
2	B2	Экскаватор CAT-5130B, погрузчик CAT-992G	
3	B3	Экскаватор ЭКГ-5А	
4	C2	Экскаваторы Hitachi EX3600E-6LD, Hitachi EX5600E-6LD, Hitachi ZX870-5G	
5	D1	Экскаваторы ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, ЭКГ-10, Hitachi ZX-2500, TEREX RH-40, Hitachi ZX-1200	
6	E1	Бульдозеры CAT D-9R, погрузчики CAT 992K CAT 992G, CAT 966G. экскаваторы Komatsu PC-1250, CAT330, ЭКГ-8И	
7	E2	Экскаваторы ЭКГ-8, ЭКГ-15, Komatsu PC-1250, Komatsu PC-2000, погрузчик Komatsu WA-800	
8	H2	RH30V, Hitachi 1200	
9	H3	RH30V, Hitachi 1200	

Из таблицы видно, что в качестве выемочных машин для разработки месторождений используются экскаваторы типа ЭКГ, ЭШ и гидравлические экскаваторы различных производителей.

В процессе вскрышных работ выделяется пыль. В сухое время года применяется орошение экскаваторного забоя. В таблице 3.5 представлены объемы выбросов пыли при проведении вскрышных и добычных работ.

Таблица 3.5. Объемы выбросов пыли при проведении вскрышных работ

№ п/п	Наименование объекта	Валовые выбросы загрязняющих веществ, т	
		макс	мин
1	2	3	4
1	B1	636,896	616,937588
2	B2	134,59784	75,090035
3	B3	485,7701	485,73998
4	B4	174,01485	168,18285
5	C1	854,711	503,465
6	C2	1185,55429	198,715166
7	E1	661,0265	273,8034
8	D1	276,73	101,42

Показатели валовых выбросов загрязняющих веществ находятся в пределах от 75,090035 до 1185,55429 тонн, на интенсивность пылевыведения оказывают влияние используемые экскаваторы, площади их ковша, продолжительность работы спецтехники, использование орошения экскаваторного забоя в сухое время года.

### 3.1.4. Системы разработки

Способы вскрытия и система вскрывающих выработок органически связаны с применяемой системой разработки и ее параметрами. Иными словами, применение определенной системы разработки, как правило, зависит от способа вскрытия и ограниченного числа технически возможных и экономически целесообразных вариантов системы вскрывающих выработок. На возможности их выбора влияет не только сама система разработки, но и ее параметры: высота и число рабочих уступов, длина фронта их работ, положение рабочей зоны карьера, требуемая интенсивность ведения горных работ и т. д. И наоборот, применение конкретных способов, систем и схем вскрывающих выработок в целом обуславливает определенные требования к выбору системы разработки и ее параметров.

Под системой открытой разработки месторождения понимается установленный порядок выполнения во времени и пространстве горно-подготовительных, вскрышных и добычных работ в пределах карьерного поля или его участка. Системы открытой разработки определяют тип горнотранспортного оборудования, главные параметры карьера и его основные элементы, а также технико-экономические показатели работы карьера в целом. Правильный выбор системы разработки обеспечивает экономичную и безопасную разработку при рациональном использовании запасов месторождения и охрану окружающей среды [13].

К элементам системы разработки относят уступы, фронт работ уступа и карьера, рабочую зону карьера, рабочие площадки, транспортные и предохранительные бермы. Параметры элементов системы разработки (высота уступов, ширина рабочих и нерабочих площадок, длина фронта работ, скорость подвигания фронта работ, размеры панелей и заходок, и др.) взаимосвязаны с рабочими параметрами и мощностью комплекса оборудования. Основные показатели системы разработки: скорость подвигания уступов, скорость углубки карьера, производительность с единицы рудного и породного фронтов работ, производительность с 1 м<sup>2</sup> рабочей зоны (вскрышной, добычной) [14].

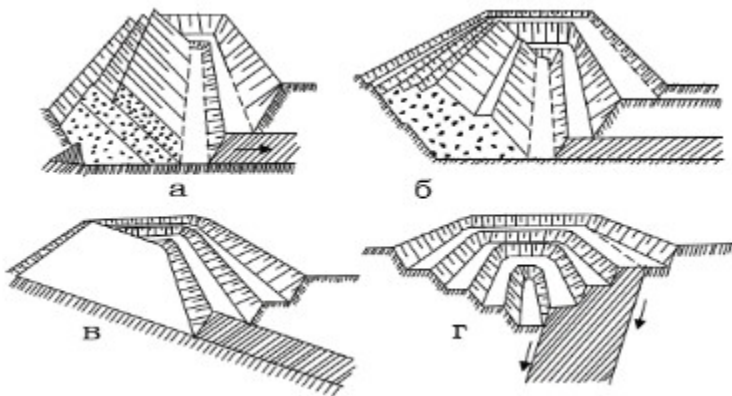
В теории открытой разработки существует нескольких систем открытой разработки. Наибольшее распространение в странах СНГ получила классификация систем открытой разработки месторождений Н. В. Мельникова, которая основана на способе перемещения пустых пород вскрыши в отвалы и типе применяемого оборудования и состоит из 5 групп [15].

Таблица 3.6. Классификация систем разработки по Н. В. Мельникову

№ п/п	Класс	Группа	Характерные признаки
-------	-------	--------	----------------------



1	2	3	4
1	I. Бестранспортные	А. Простая	Экскаваторы выполняют все операции по разработке: выемку, перевалку пустой породы во внутренние отвалы
		Б. С кратной перевалкой	
2	II. Транспортноотвальные	А. С применением консольных отвалообразователей	Выемочно-погрузочные работы производятся многочерпаковыми экскаваторами; удаление пустых пород во внутренние отвалы - консольными отвалообразователями, и л и транспортно-отвальными мостами, или башенными экскаваторами
		Б. С применением транспортно-отвальных мостов	
		В. С применением башенных экскаваторов	
3	III. Специальные		Системы с перевалкой пустых пород кабель-кранами, башенными экскаваторами или с удалением пород средствами гидромеханизации или колесными скреперами
4	IV. Транспортные	А. С перевозкой породы во внутренние отвалы	Все погрузочные работы производятся экскаваторами, а транспортирование - локомотивами или средствами безрельсового транспорта во внешние или во внутренние отвалы
		Б. С перевозкой породы на внешние отвалы	
		В. С перевозкой породы на внешние и во внутренние отвалы	
5	V. Комбинированные	А. С сочетанием I и III классов	Толщу вскрышных пород делят по вертикали на две зоны. Верхнюю разрабатывают экскаваторами с погрузкой породы в думпкары или автомашины, с транспортированием на внешние отвалы. Породы нижней зоны переваливают непосредственно в отвал вскрышными экскаваторами,



а - бестранспортная; б - транспортно-отвальная; в,г - транспортная (стрелками показано направление развития горных работ)

Рисунок 3.4. Системы открытой разработки

На горнодобывающих предприятиях нашей страны наибольшее распространение получили транспортные системы разработки карьеров, при которых перемещение пород во внутренние (расположенные в выработанном пространстве) или внешние (за границами карьера) отвалы производится железнодорожным, автомобильным, конвейерным и комбинированным транспортом.

### 3.1.5. Буровзрывные работы

БВР представляют собой комплекс работ, связанных с подготовкой скального массива пород к экскавации. Ввиду крепости скальных пород их экскавация без предварительного буровзрывного или механического рыхления не может быть произведена: современным канатным, реечным или гидравлическим экскаваторам не хватает усилия на ковше для разрушения скального массива пород. Поэтому для подготовки к экскавации плотных, рыхлых, смерзшихся или скальных горных пород к выемке применяется предварительное рыхление или механическим способом (фрезы, рыхлители), или буровзрывным способом [16].

Ввиду большой производительности и конструктивных параметров, таких как высота забоя до 15 м, карьеров по добыче цветных руд, механическая подготовка массива нецелесообразна и малоэффективна, а порой и технически невозможна. Развитие БВР в карьерах происходило в зависимости от совершенствования средств взрывания и методов бурения скважин для закладки взрывчатых веществ. Расчет параметров взрывного рыхления базируется на пропорциональной зависимости разрушенного объема определенной горной породы от массы заряда взрывчатого вещества. Свойства массива в этом расчете учитываются через удельный расход взрывчатого вещества, величина которого устанавливается расчетными методами или

эмпирически. В настоящее время на всех карьерах используется буровзрывной способ рыхления массива, основанный на методе скважинных зарядов. Взрывчатое вещество закладывается непосредственно в скважины, пробуренные буровыми станками в массиве пород. Только на карьере Е1 покрывающие породы, состоящие из аллювиальных и выветрелых скальных пород, на 80 % грузятся основными экскаваторами без БВР, и на 20 % разрыхляются и подаются бульдозерами для погрузки колесным погрузчиком.

Горнорудные предприятия определяют для себя оптимальный диаметр бурения, исходя из опыта проведения БВР и научно-исследовательских работ. Зачастую на предприятиях имеются станки с разным диаметром бурения, применяемые в тех или иных условиях и для бурения определенного типа горных пород.

Для обуривания скальной вскрышной породы и руды с учетом физико-механических свойств пород месторождения производится преимущественно СБШ с диаметром бурения 250 мм, которые получили наибольшее распространение на открытых горных работах при добыче цветных руд. Также применяются дизельные буровые станки производства AtlasCopco, Sandvik.

а

б



а - СБШ-250МНА32, б - DM75

Рисунок 3.5. Буровые станки, используемые на карьерах

Эффективность БВР в значительной мере зависит от правильного выбора ВВ для конкретных горно-геологических условий взрывания. Выбор типа взрывчатого вещества должен производиться с учетом ряда производственных, геологических, гидрогеологических, технических и экономических факторов. Физико-механические свойства горных пород, их минералогический состав и строение определяют крепость и взрываемость горных пород. Чем выше плотность породы, ее твердость и вязкость, тем

больше требуется энергии на ее разрушение и перемещение. В условиях конкретного применения взрывчатые вещества выбирают с учетом этих соображений, а также практического опыта горного предприятия и технологичности ВВ в соответствии с принятой схемой механизации взрывных работ.

Таблица 3.7. Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)

№ п/п	Наименование предприятия/структурного подразделения	Буровзрывные работы	Технические характеристики, определяющие степень воздействия на окружающую среду
1	2	3	4
1	B1	Буровые станки DML-45LP	Массогабаритные размеры Давление на грунт Тип, объем и мощность ДВС Тип используемого топлива Расход топлива Ресурс до капитального ремонта Показатели по шуму, вибрации Система пылеподавления Механизм хода (гусеничный или колесный) Наличие системы пылеподавления Гидравлическая система Ресурс до капитального ремонта
2	B2	Буровые станки DML-45LP	
3	B3	Буровые станки Minimatic D07-260, Axsera 5-14	
4	C2	Буровые станки Sandvik D55SP, Sandvik DI550.	
5	D1	Буровые станки СБШ-250МН, СМ-659D	
6	E1	Без БВР	
7	E2	Буровые станки AtlasCopco PitViper 275, FlexiROC D50, SmartROC D65, DM и DML, смесительно-зарядная машина типа "TDR 17/13" на шасси IVECO AMTTrakker AD380T42W	
8	H2	Буровые станки SWDE-120, KT8	
9	H3	Буровые станки SWDE-120, KT8	

Взрывные работы на карьерах осуществляются на основании типового проекта БВР. Сущность метода скважинных рядов заключается в размещении взрывчатого вещества в наклонных или вертикальных скважинах с забойкой (заполнением) верхней части инертными материалами из песка, буровой мелочи или забоечного материала специального состава. Скважины располагаются в один или несколько рядов параллельно верхней бровке уступа и размещаются друг от друга на расчетном расстоянии по прямоугольной сетке или в шахматном порядке.

В качестве взрывчатых веществ для взрывания скважин в основном применяются сыпучие гранулированные ВВ (гранулиты) и эмульсионные ВВ (интериты). Взрывание производится методом многорядных зарядов при помощи детонирующего шнура или СИНВ с дублированием сети и применением короткозамедленного способа взрывания. Массовые взрывы на карьерах производят в дневное время суток, чаще всего один раз в неделю. Всего в течение года на карьере осуществляется множество массовых взрывов, частота взрывов меняется в зависимости от производительности карьера и организации работ, подготовки площадок под бурение и блоков под взрывание.

Таблица 3.8. Взрывчатые вещества, используемые на действующих карьерах по добыче руд цветных металлов в Республике Казахстан (по данным КТА)

№ п/п	Наименование структурного подразделения	Взрывчатое вещество (ВВ)	Химический состав, %
1	2	3	4
1	B2	Интерит-20 Интерит-40	Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 60-80 % и водомасляная эмульсия 20-40 %
2	B3		
3	B4		
4	D1	ЭВВ Fortis Extra Игданит	Сенсибилизированное эмульсионное взрывчатое вещество. Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 95 % и дизельное топливо 5 %
5	E2	Аммонит 6ЖВ	Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) водоустойчивая 79 % и тротил 21 %.
6	G1	Rioxam ST, AL2 %, AL4 %	Пористая аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) дизельное масло и алюминиевый порошок.
7	H2		Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) до 90 % дизельное масло 4 % и
	H3		

8		Гранулит АС-8 Гранулит А6	алюминиевый порошок 6 %
---	--	---------------------------	-------------------------

Интенсивность пылегазообразования при ведении БВР на карьере зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико-механические свойства горных пород и их обводненность, способы бурения взрывных скважин, ассортимент применяемых ВВ, типы используемых забоечных материалов, методы взрывания (на подобранный откос уступа или в зажатой среде), время производства массового взрыва, метеоусловия на момент массового взрыва и др.

Основными эмиссиями при БВР являются выбросы газообразных веществ (окислы азота, оксид углерода, диоксид серы) и пыли неорганической  $\text{SiO}_2$  менее 20 %. Крупные частицы продуктов бурения оседают у устья скважины, а мелкие (в том числе и пылевые) уносятся на расстояние до 10–14 м. Пылеподавление и очистка забоя скважин от продуктов разрушения и выноса буровой мелочи осуществляется с помощью воздушно-водяной смеси, так как использование воды при пылеподавлении в технологическом процессе БВР самый эффективный и доступный способ снижения загрязнения атмосферного воздуха. Данный метод позволяет снизить объемы пыли неорганической  $\text{SiO}_2$  менее 20 % в 5-7 раз [17].

Мощные выбросы пыли происходят при массовых взрывах и достигают 100–250 тонн. Пылевое облако при массовом взрыве выбрасывается на высоту 150–300 м, в своем развитии оно может достигать высоты 16 км и распространяться по направлению ветра на значительные расстояния (10-14 км) [18]. Гидрообеспыливание для сокращения выделения и рассеивания вредных примесей при взрывных работах осуществляется с помощью водяной забойки (гидрозабойки). Гидрозабойка выполняется с использованием полиэтиленовых емкостей, наполненных водой. Применение гидрозабойки позволяет сократить объемы образующейся пыли в пылегазовом облаке на 20–30 %, а объем образующихся окислов азота уменьшается в 1,5–2 раза.

В таблице 3.9 представлены объемы выбросов пыли при проведении БВР работ (по данным КТА).

Таблица 3.9. Объемы выбросов пыли при проведении БВР

№ п/п	Наименование объекта	Валовые выбросы загрязняющих веществ, т	
		макс	мин
1	2	3	4
1	В2	118,38073	58,98923
2	В4	25,14296	2,9838
3	С1	185,741	31,9258
4	С2	302,182753	193,544584

5	E1	240,0149	99,9389
6	F1	322,4138	154,3358
7	F2	7,1936	3,974
8	H2	27,1383	27,1383

В ходе проведенного КТА было оценено общее воздействие крупных предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов, действующих на территории Республики Казахстан. Валовые выбросы пыли от предприятий колеблются в пределах от 2,9838 до 322,4138 тонн. Данное расхождение зависит от физико-механических свойств горных пород и их обводненности, методов взрывания, времени проведения взрыва, метеоусловий на момент массового взрыва, количества и химического состава применяемых взрывных веществ.

### 3.1.6. Добыча руды

Добычные работы представляют собой комплекс процессов по извлечению руды из массива горных пород. На открытых карьерах по добыче руд цветных металлов в Казахстане выемка производится отдельными слоями, формируемыми в виде уступов, глубина горных работ достигает 200–300 м, средняя высота уступов 10–15 м, подуступов 5-7,5 м.

Добыча руды в карьерах осуществляется экскаваторным способом. Основное распространение при добыче руды получили одноковшовые экскаваторы типа ЭКГ с объемами ковша от 5 до 20 м<sup>3</sup>, гидравлические экскаваторы типа прямая лопата с вместимостью ковша до 30 м<sup>3</sup>, и в некоторых случаях погрузчики (перечень применяемых типов и моделей экскаваторов приведен в разделе 3.1.2).

Процесс экскавации руды из массива заключается в срезании стружки режущей кромкой ковша, повороте экскаватора к месту разгрузки, разгрузке ковша и возвращении рабочего органа в забой. Выемка взорванной горной массы крепких пород осуществляется заглублением ковша в развал. Рабочий цикл по добыче экскаватора складывается из операций: черпания, выведения ковша из забоя, поворота его к месту разгрузки, подъема или опускания ковша на уровень разгрузки, возвращения ковша в забой и установки его для черпания.

Посредством перемещения рукояти с ковшом современные экскаваторы разделяются на канатные и гидравлические. Разгрузка у гидравлического экскаватора осуществляется опрокидыванием или раскрытием ковша. У канатного экскаватора разгрузка осуществляется отрыванием днища ковша над местом разгрузки. Разгрузка руды осуществляется в автосамосвалы или железнодорожные думпкары.

При разработке забоя с погрузкой горной массы в средства железнодорожного транспорта ось железнодорожного пути располагают на определенном расстоянии максимального радиуса черпания от оси экскаватора. При автомобильном транспорте автосамосвалы могут располагаться сбоку или позади экскаватора в зоне разгрузки ковша с минимальным углом разворота от места черпания. При конвейерном

транспорте горная масса загружается экскаватором в бункер-питатель, который располагается сбоку экскаватора или внутри заходки позади экскаватора [16].

### 3.1.7. Транспортировка

Для перевозки вскрышных пород, руды и материалов на карьерах используют транспорт непрерывного действия (конвейерный, трубопроводный) и циклического действия (железнодорожный, автомобильный). При большой производительности карьеров преимущественно применяется железнодорожный транспорт.

Транспортирование карьерных грузов является наиболее энергоемким производственным процессом на предприятиях по добыче металлических руд. Исходя из существа открытых горных разработок, перевозке подлежат: вскрышные породы, руда и материалы для производства горных работ. Для перевозки карьерных грузов используются почти все известные виды транспорта: непрерывного действия (конвейерный); циклического действия (железнодорожный, автомобильный). Каждый вид транспорта обладает своей специфичностью, поэтому для эффективного использования в зависимости от горнотехнических условий он может применяться в грузопотоках в единственном виде или в комбинации с другими [19].

В настоящее время на предприятиях Казахстана вскрышные породы и руда перевозятся автомобильным, реже железнодорожным транспортом и их комбинацией, в меньшей степени используется конвейерный транспорт.

Основным видом транспорта для перевозки руды и пород вскрыши является автомобильный: большегрузные автосамосвалы БелАЗ, Volvo, Hitachi, Komatsu и CAT, грузоподъемностью от 45 до 91 тонны.

Таблица 3.10. Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)

№ п/п	Наименование предприятия/структурного подразделения	Технология обработки, типы транспортных машин на вскрышных и добычных работах	Технические характеристики, определяющие степень воздействия на окружающую среду
1	2	3	4
1	B1	Транспортная, автомобильный автосамосвалы Volvo EC750D	Массогабаритные размеры Давление на грунт
2	B2	Транспортная, автомобильный автосамосвалы Cat-777, MoA3-75081	
3	B3	Транспортная, автомобильный автосамосвалы Cat-777D	
		Транспортная, автомобильный	



4	C2	автосамосвалы Cat 785 и Cat 777	Тип, объем и мощность ДВС
5	D1	Транспортная, автомобильный автосамосвалы CAT-777D, CAT-777F, Komatsu HD 785, Hitachi EH-1700, TEREX TR-60, CAT-773	Тип используемого топлива Расход топлива Общий расход материалов, затраченных на рейс Грузоподъемность
6	E1	Транспортная, автомобильный автосамосвалы CAT-777D, CAT-777F	Объем кузова Высота погрузки Ресурс до капитального ремонта
7	E2	Транспортная, автомобильный автосамосвалы БелАЗ-75139 Komatsu HD785-5, Komatsu HD465	Время разгрузки Показатели по шуму, вибрации
8	H2	Транспортная, автомобильный автосамосвалы БелАЗ-7547, БелАЗ 7555	
9	H3	Транспортная, автомобильный автосамосвалы БелАЗ-7547, БелАЗ 7555	

Конвейерный транспорт обеспечивает поточность производства горных работ, автоматизацию управления и высокую производительность труда. Сочетание его с выемочно-погрузочной и отвалообразующей техникой позволяет создавать полностью автоматизированные высокопроизводительные комплексы для разработки горных пород.

По назначению и месторасположению в карьере конвейерный транспорт разделяется на забойный, сборочный, подъемный, магистральный и отвальный. Забойные конвейеры располагают на рабочей площадке уступа. Сборочные конвейеры перемещают вслед за забойными конвейерами параллельно их оси. Подъемные конвейеры располагают в нерабочей или временно нерабочей зоне карьера и предназначены для доставки горной массы из рабочей зоны карьера на поверхность. Магистральные конвейеры располагают на поверхности карьера и предназначены для транспортирования пород вскрыши к отвалам, а полезного ископаемого – на обогатительную фабрику или к складам. Отвальные конвейеры располагают на отвалах и перемещают вслед за отвальным фронтом.

Железнодорожный транспорт является распространенным транспортом на рудных карьерах благодаря его высокой надежности в любых климатических условиях, высокой производительности и эффективности в эксплуатации. Принцип работы

железнодорожного транспорта заключается в перемещении электровозами или тепловозами горных пород в думпкарах из забоев к месту разгрузки. Железнодорожные пути подразделяются на временные и стационарные. К временным относятся пути на рабочих площадках в карьере и на отвале. К стационарным относятся пути в траншеях, на транспортных бермах и на поверхности карьера.

Наиболее широкое распространение на предприятиях Республики Казахстан имеет автомобильный транспорт благодаря мобильности, высокой эффективности в сложных топографических, геологических и климатических условиях. Наиболее эффективная область применения автомобильного транспорта – карьеры малой и средней производительности, глубокие горизонты крупных карьеров в комбинации с железнодорожным транспортом. Принцип работы автомобильного транспорта заключается в перемещении горной массы из забоев к пунктам приема горной массы по автодороге и ее разгрузке.



Рисунок 3.6. Транспортировка руды а - железнодорожным, б- автомобильным и в - конвейерным транспортом

Движение автотранспорта в пределах добычных участков обуславливает выделение пыли. При взаимодействии колес с полотном дороги и в результате сдувания ее с поверхности транспортируемого материала, находящегося в кузове, загрязняющие вещества выделяются при транспортировке ПСП, пустых пород и забалансовых руд в автосамосвалах.

Автотранспорт при транспортировании горной массы поднимает большое количество пыли. Автомобильные дороги на карьерах, использующих автотранспорт, занимают одно из первых мест в балансе пылевыведения по всем источникам выделения пыли в карьере. На их долю приходится 70–90 % всей выделяемой пыли. Интенсивность выделения пыли карьерных автодорог зависит от состояния дорожного покрытия, скорости движения автотранспорта и климатических условий. Особенно большое пылевыведение на грунтовых дорогах, а также на щебеночно-гравийных, не обработанных специальными составами.

Сухой способ очистки дорог применяется в районах ограничения применения воды и в холодный период года. Очистка производится легкими или средними бульдозерами, автогрейдерами, универсальными погрузчиками.

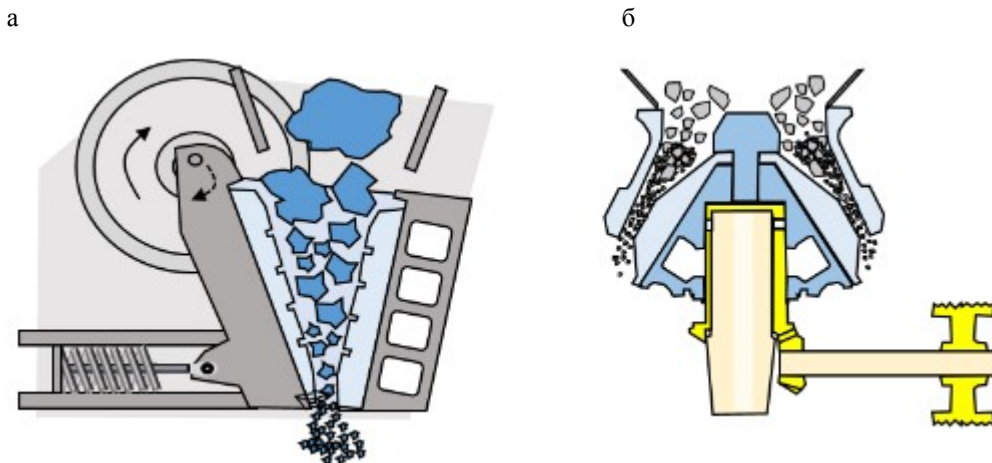
Для борьбы с пылью в теплое время года на автодорогах предусматривается мокрый способ (гидрообеспыливание) – полив проезжей части водой. Наиболее часто для полива автодорог на карьерах используются поливочные машины на базе БелАЗ, КамАЗ. Забор воды на пылеподавление осуществляется из зумпфов-отстойников, находящихся внутри карьера или временного накопителя, расположенного на поверхности.

### 3.1.8. Первичное дробление и измельчение руды

Дробление и измельчение выполняют для получения кусков руды, требуемых крупности, гранулометрического состава или степени раскрытия минералов, пригодных для последующих процессов обогащения. По своему назначению процесс дробления может быть подготовительным и самостоятельным. Дробление является первым этапом в процессе измельчения. Условно принято считать, что при дроблении получают частицы крупнее 5 мм, а при измельчении – мельче 5 мм. Размер наиболее крупных зерен, до которого необходимо раздробить или измельчить полезное ископаемое при его подготовке к обогащению, зависит от размера включений основных компонентов, входящих в состав полезного ископаемого, и от технических возможностей оборудования, на котором предполагается проводить следующую операцию переработки раздробленного (измельченного) продукта. В зависимости от крупности исходной руды и крупности дробленого продукта различают три стадии дробления:

- 1) крупное – от 1500–300 до 350–100 мм;
- 2) среднее – от 350–100 до 100–40 мм;
- 3) мелкое – от 100–40 до 30–5 мм.

Дробление проводят на специальных дробильных установках (дробилках). В зависимости от целей дробления и прочности материала дробления применяют дробилки различного типа (щековые, конусные, барабанные, барабанно-молотковые, валковые, зубчатые, молотковые, роторные) [20].



а – щековая дробилка, б – конусная дробилка

Рисунок 3.7. Принципиальная схема работы дробилки

Под процессом первичного дробления понимается наличие в карьере или на его борту дробильного комплекса, который служит для первичного дробления руды или вскрышной породы. В рудных карьерах первичное дробление используется для возможности последующей транспортировки дробленого материала конвейерным транспортом или возможности первичного обогащения руды непосредственно в карьере или на его борту. Комплекс первичного дробления состоит из приемных бункеров, принимающих руду или породу от автосамосвалов, под приемными бункерами располагаются дробилки крупного дробления (конусные, реже щековые), позволяющие дробить руду или породу крупностью до 1500 мм. На выходе с дробильных установок крупность руды не превышает 300–400 мм, что позволяет производить ее дальнейшую транспортировку конвейерным транспортом.

Процесс дробления является энергоемким и дорогостоящим, поэтому рекомендуется соблюдать принцип "не дробить ничего лишнего", применяя предварительное или контрольное грохочение.

Для осуществления этого принципа после дробилок первой стадии могут располагаться грохоты или дробилки второй стадии, обеспечивающие дробление руды до крупности 150–200 мм, что позволяет транспортировать ее крутонаклонными конвейерами.

В зависимости от сочетания операций дробления и грохочения схема рудоподготовки бывает открытая и замкнутая. При дроблении в открытом цикле каждый кусок руды проходит через дробилку данной стадии только один раз (рис. 3.8). При дроблении в замкнутом цикле наиболее крупные и чаще труднодробимые куски руды выделяются из дробленого продукта на грохоте (контрольное грохочение) и возвращаются на додробливание в ту же дробилку.

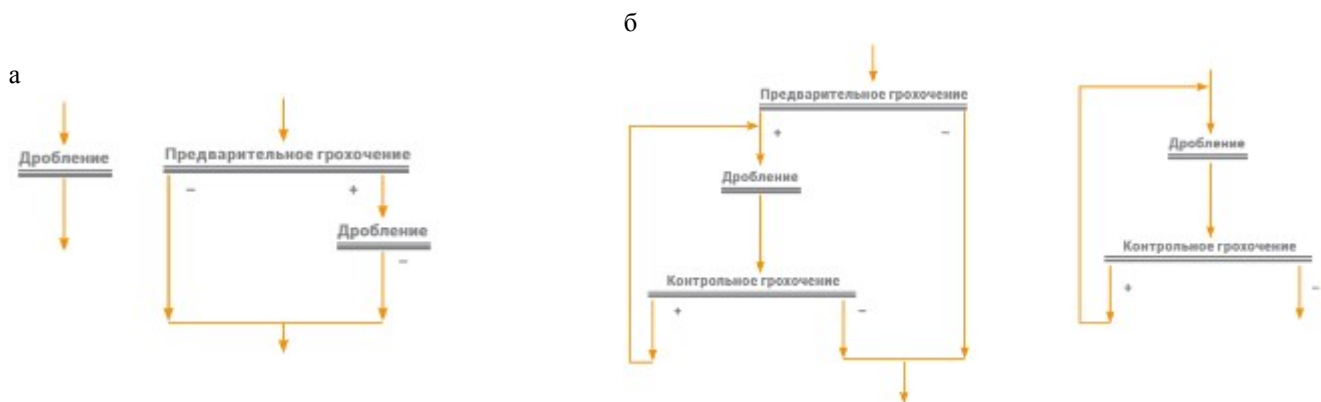


Рисунок 3.8. Схемы одностадиального дробления  
в а - открытом цикле и б - закрытом цикле

Первичное дробление используется при комбинированном автомобильно-конвейерном транспорте и является частью конвейерного комплекса.

Руду или породу из забоя доставляют автомобильным транспортом до дробилки и после нее транспортируют подъемным конвейером на борт карьера и дальше магистральным конвейером на отвал, руду – обогатительную фабрику.

Таблица 3.11. Подземные дробильные комплексы первичного дробления руды на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан

№ п/п	Предприятие	Дробление
1	2	3
1	B5	Участковые передвижные конусные дробилки Nordberg
2	B7	Участковые передвижные конусные дробилки Nordberg NW 100 UGS/N 75610", расположенные под рудоспусками
3	B8	Передвижные щековые дробилки NW-120
4	B9	Щековая дробилка С-110
5	B10	Щековая дробилка С-110
6	D1	Щековая дробилка С-125В

### 3.1.9. Обращение со вскрышными породами

Отвалообразование и складирование являются заключительными технологическими процессами в разработке горных пород на карьерах. Насыпь пустых пород называется породным отвалом, насыпи пород плодородного слоя, некондиционных руд и полезного ископаемого – складами или спецотвалами.

Породные отвалы обустривают до начала производственных работ и различают по месторасположению относительно контура карьера, числу ярусов отсыпки и средствам механизации отвальных работ, которые гарантируют безопасное с точки зрения здоровья и окружающей среды складирование производственных отходов. При разработке горизонтальных и пологих месторождений отвалы располагают в выработанном пространстве внутри контура карьера. Эти отвалы называются внутренними. При разработке наклонных и крутых месторождений отвалы располагают на поверхности за контуром карьера, поэтому они называются внешними. Отвалы отсыпают в один или несколько ярусов. Высота яруса определяется устойчивостью, которая зависит от свойств складироваемых пород, рельефа поверхности, гидрогеологических, климатических условий и технологии отвалообразования.



Рисунок 3.9. Внешний вид отвала вскрышных пород

Отвалообразование мягких горных пород при конвейерном транспорте производится транспортно-отвальными мостами, консольными отвалообразователями, железнодорожном транспорте – драглайнами, автомобильном транспорте – бульдозерами. При бульдозерном отвалообразовании на горнорудных предприятиях Казахстана применяются тяжелые бульдозеры на гусеничном ходу Cat, Hitachi (класса тяги 25–45 тс) и колесном ходу типа ТК.

Не отвечающие в настоящее время требованиям кондиций или потребителей, руды укладываются в отдельные отвалы. Технология отвалообразования и комплексная механизация аналогичны отвалообразованию пустых пород. Аналогично складироваться попутные полезные ископаемые, не используемые в данный момент потребителем.

Образующиеся отходы вскрышных и вмещающих пород, буровые шламы и другое размещаются на территории предприятия и могут быть источником загрязнения почвенного и растительного покрова, поверхностных водных объектов и грунтовых вод

Серьезной проблемой всех горно-обогатительных предприятий, имеющих намывные хвостохранилища и шламохранилища, является наличие отработанных сухих пляжей, на которых при скорости ветра более 5 м/с начинается интенсивное пыление.

В настоящее время закрепление сухих пылящих пляжей осуществляется с применением химических и биологических методов. Химическое закрепление заключается в обработке поверхности закрепляющими растворами: например, реагентом Dustbint, бишофит, хлористый кальций. Недостатком этого метода являются сезонность его применения (закрепление возможно только при температуре + 4 °С и выше) и неустойчивость при скорости ветра более 15 – 20 м/с.

Биологическое закрепление пляжей осуществляется путем посева определенных растений, корневая система которых препятствует пылению.

Образующиеся отходы от вспомогательного производства передаются на утилизацию сторонним организациям, либо размещается на полигоне. Отходы из шахт и карьеров металлосодержающего минерального сырья, включая вскрышные породы, складировуются в отвалы.

Выбросы пыли в атмосферу происходят при формировании отвала и при сдувании твердых частиц с поверхности отвала. Выделение пыли при формировании отвала зависят от типа используемого оборудования, объема и влажности одновременно перегружаемого материала, высоты пересыпа, климатических особенностей местности и эффективности применяемых средств пылеподавления.

Таблица 3.12. Отходы при открытой добыче цветных руд (по данным КТА)

№ п/п	Наименование отхода	Объем образования отходов, т/год		Использовано отходов, тыс. т/год		Объем размещения отходов тыс. т/год		Размещение / складирование (варианты указаны ниже, могут быть дополнены)
		макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Добыча цветных руд открытым способом							
1.1	В1							
1.1.1	Отходы из шахт и карьеров металлосодержающего минерального сырья, включая вскрышные породы	5235786,954	2474803,125	2474803,125	1755191,637	3401928,911	719611,488	Вскрышная порода размещается на отвалах, при проведении вскрышных пород
1.2	В2							
1.2.1	Отходы из шахт и карьеров металлосодержающего минерального сырья,	12275480	12141080	134400	13400	12141080	12141080	





1.6.1	Отходы из шахт и карьеров металлосодержащего минерального сырья, включая вскрышные породы	9294048	2286200	408818	204800	9185230	2081400	на собственном предприятии
1.6.2	Вспомогательные работы	3175,434	1975,433	0,98	0,81	0	0	передаются специализированным предприятиям
1.6.3	Золошлак	1049,52	891,044					передаются специализированным предприятиям
1.7	E1							
1.7.1	Отходы из шахт и карьеров металлосодержащего минерального сырья, включая вскрышные породы	28818867	7330412			27890795	3075645	Породный отвал
1.8	F1							
1.8.1	Отходы из шахт и карьеров минерального сырья, не содержащие металлы, включая вскрышные породы	1755321	1028015	900000	377944	855321	516431	В отвал вскрышных пород
1.9	F2							
	Отходы из шахт и карьеров							



							Породные
1.12.1	Отходы из шахт и карьеров минерального сырья, не содержащего металлы, включая вскрышные породы	125173	21699	39960	4207	125173	21699

								отвалы шахт
1.12.2	Вспомогательные процессы	60,784	48,36	0	0	0	0	

В таблице 3.12 представлены данные по отходам производства при открытой добыче. Выбросы пыли в атмосферу происходят при формировании отвала и при сдувании твердых частиц с поверхности отвала. Показатели выделения пыли при формировании отвала зависят от типа используемого оборудования, объема и влажности одновременно перегружаемого материала, высоты пересыпа, климатических особенностей местности и эффективности применяемых средств пылеподавления.

### 3.1.10. Карьерный водоотлив

Система осушения карьера представляет собой комплекс мер, направленных на удаление из карьерного пространства поступающих подземных вод, атмосферных осадков и инфильтрационных вод (технологические воды) [21].

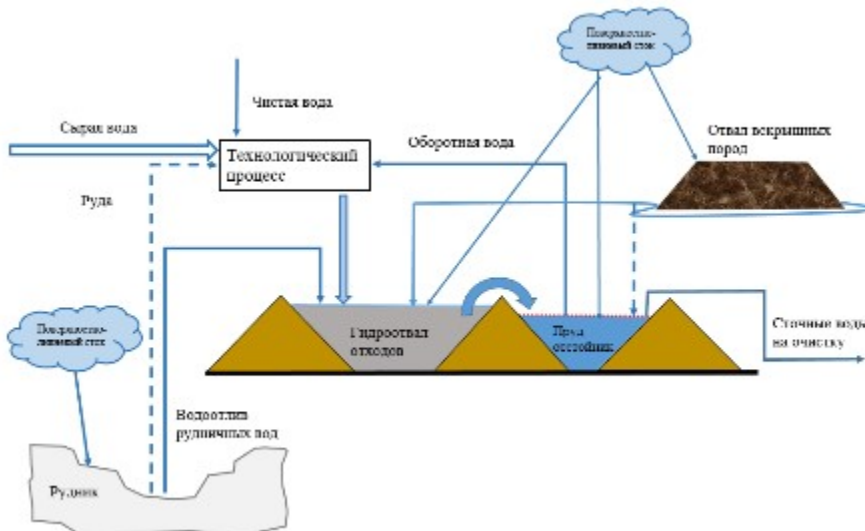


Рисунок 3.10. Традиционная схема циркуляции воды

При открытой разработке карьерный водоотлив включает в себя устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборники, карьерные насосные станции с водоотливными установками и с нагнетательными трубопроводами.

Устройства для регулирования внутрикарьерного стока включают пригрузки для предотвращения деформаций рыхлых пород на участках просачивания подземных вод на откосах, систему нагорных и водоотводных канав или труб для сбора воды на всех уступах и в выработанном пространстве, и отвода воды вначале к участковым, а затем к главным водосборникам.

В зависимости от местоположения главных водосборников карьерный водоотлив разделяется на открытый, подземный и комбинированный, включающий элементы открытого и подземного.

При открытом водоотливе водосборники с насосными станциями располагают на самых низких отметках карьера. Насосные станции сооружают у водосборников и оборудуют водоотливными установками, производительность которых должна обеспечивать откачку максимального суточного притока воды, дополнительно предусматриваются резервные насосы. В районах, где притоки ливневых вод могут в несколько раз превышать нормальные, насосы главных водоотливов выполняют плавучими. При открытом водоотливе на обводненных карьерах применяют в основном высокопроизводительные низконапорные насосы. Нагнетательные трубопроводы прокладываются на нерабочих бортах карьеров. В зимнее время водоотливные установки, нагнетательные трубопроводы, а также водоотводные каналы защищаются от промерзания.

При подземном водоотливе в карьере вода перекачивается или отводится в специальные дренажно-водоотводные выработки (штреки), пройденные с уклоном в сторону водосборника с насосной камерой, откуда она откачивается насосами на поверхность через водоотливные стволы или скважины в поверхностные водотоки или водоемы. При этом используются в основном те же насосы, что и при шахтном водоотливе.

Карьерные воды могут использоваться предприятием для подпитки системы оборотного водоснабжения.

Качественный состав воды карьерного водоотлива исследуется в ходе проведения аналитического контроля над сбросами сточных вод и оценке их влияния на природные воды.

К примеру, водоотлив на объектах В1 осуществлялся с помощью насосных агрегатов ЦНС 60–198 и ЦНС 180–170, расположенных на салазках. Отвод карьерных вод осуществлялся в совместный с другими карьерами пруд-испаритель, расположенный южнее карьера, на расстоянии 1 км. Площадь зеркала пруда-испарителя – 144 800 м<sup>3</sup>. Объем – 348 375 м<sup>3</sup>.

На объекте В2 в процессе эксплуатации карьера открытым способом образуются карьерные сточные воды, а также дождевые (ливневые) и талые сточные воды. Вода расходуется на производственные нужды (полив отвалов, автодорог, гидрозабойка скважин для проведения взрывных работ). На полив отвалов и автодорог используются карьерные воды, на гидрозабойку скважин для проведения взрывных работ – дождевые и карьерные воды. Для откачки воды с карьера применяется передвижная насосная станция, которая состоит из двух насосных агрегатов ЦНСА 60–175 на салазках. Откачка карьерной воды происходит в зумпф на дне карьера. Из зумпфа часть карьерных вод используется на пылеподавление. Далее оставшаяся часть карьерных вод отводится на поверхность в существующий пруд-испаритель по существующему стальному коллектору. Для учета расхода сбрасываемых карьерных вод предусмотрен

счетчик ЛЛТ-100Х на горизонтальном участке трубопровода на верхней площадке карьера. Для отвода и сбора дождевых (ливневых) и талых вод с площадок породного отвала предусмотрено устройство емкостей с противофильтрационным экраном из полиэтиленовой пленки (для защиты от проникновения в почву и грунтовые воды загрязняющих веществ и обеспечения водонепроницаемости емкостей). После отстаивания в емкостях дождевые и талые воды полностью используются на полив карьерных дорог и отвалов. Неиспользуемые на производственные нужды карьерные воды подаются в пруд-испаритель без предварительной очистки.

На месторождении ВЗ в процессе эксплуатации рудника открытым способом образуются хозяйственно-бытовые и карьерные сточные воды, которые отводятся через систему хозяйственно-бытовой канализации и через систему производственной канализации. На производственном объекте присутствует водооборотная система пункта мойки машин. На производственные нужды (бурение скважин, полив отвалов, дорог) используются карьерные воды. Водоотлив предусматривается по одноступенчатой схеме, т. е. вода из карьера по трубам подается на поверхность. Далее отводится в пруд-испаритель по существующей схеме. Технологическая схема отвода карьерной воды включает следующие этапы: карьерная вода забирается с зумпфа насосом ЦСН 180–297 и подается по трубопроводу на поверхность и далее вода разбирается на производственные нужды на пылеподавление карьерных (внутренних), наружных внутриплощадочных дорог и отвалов; оставшаяся часть карьерной воды по системе трубопроводов аналогично подается на поверхность до водоотводного канала насосом ЦСН 180. Водоотводной канал имеет противофильтрационный слой из глины, где карьерные сточные воды самотеком транспортируются в пруд-испаритель. Отведение оставшейся части карьерной воды в пруд-испаритель осуществляется по имеющемуся на месторождении выпуску № 3. Для учета расхода сбрасываемых карьерных вод предусмотрен расходомер "Magphant" N=2,5 Вт. Расходомер устанавливается в колодце из сборных железобетонных элементов. Пруд-испаритель расположен в пониженной части рельефа в районе карьера ВЗ в естественном природном котловане (низине), образованной путем ограждения по периметру дамбой. Не используемые на производственные нужды карьерные воды подаются в пруд-испаритель без очистки.

Таблица 3.13. Валовые сбросы основных загрязняющих веществ при добыче руд цветных металлов

№ п/п	Наименование вещества	Концентрация ЗВ, мг/дм <sup>3</sup>		Сброс ЗВ, т/год	
		макс.	мин.	макс.	мин.
1	2	3	4	5	6
1	Добыча руд цветных металлов				
1.1	ВЗ				

	Аммиак (по азоту)	0,2625	0,115	0,0065	0,00284
	БПК5	3,7258	3,62	0,0927	0,04204
	Взвешенные вещества	54,4309	51,4	2,2471	0,703218
	Медь	0,6058	0,541	0,0228	0,00735
	нефтепродукты	0,1464	0,113	0,0062	0,001537
	Нитраты (по NO3)	51,5	47,97	1,8362	0,638685
	Нитриты (по NO2);	3,1533	2,949	0,1195	0,039618
	СПАВ	0,1096	0,1053	0,0027	0,001312
	Сульфаты (по SO4)	388,2417	371,97	16,523	5,223472
	Фосфаты	1,3675	0,441	0,034	0,008172
	Хлорид (по Cl)	290,8167	283,77	11,7289	3,823739
	Цинк	3,8613	3,5	0,1542	0,048347
1.2	D1				
1.2.1	А з о т аммонийный	1,27	1,2	0,2986	0,24752
1.2.2	БПК полное	4,1	3,91	0,94944	0,7006
1.2.3	Взвешенные вещества	10,2	5,4	0,92084	0,66268
1.2.4	нефтепродукты	0,037	0,03	0,005	0,002
1.2.5	Нитраты (по NO3)	0,28	0,18	6,11277	5,41724
1.2.6	Нитриты (по NO2);	0,005	0,003	0,4499	0,3323
1.2.7	СПАВ	0,19	0,15	0,04392	0,04344
1.2.8	Сульфаты (по SO4)	145	96	69,50052	49,231
1.2.9	Хлорид (по Cl)	280	245	101,1158	57,28636
1.3	E1				
	Алюминий	0,0002	0,0001	0,000454	0,000141
	Аммиак (по азоту)	0,005	0,002	0,007474	0,004577
	Бор	0,0006	0,0002	0,001373	0,000454
	Взвешенные вещества	0,059	0,024	0,135007	0,054
	нефтепродукты	0,0003	0	0,00069	0,00001
	Нитраты (по NO3)	0,071	0,047	0,162466	0,106653
	Нитриты (по NO2);	0,0026	0,0002	0,005949	0,000474

	Сульфаты (по SO4)	0,36	0,289	0,846325	0,701189
	Железо общее	0,0005	0,0003	0,001157	0,000681
	Марганец	0,0003	0,0001	0,000709	0,000159
	Медь	0	0	0,00007	0,00005
	Полифосфаты (PO4)	0,0004	0,0001	0,000996	0,00027
	Свинец	0	0	0,00005	0,00002
	Хлорид (по Cl)	0,495	0,39	1,132684	0,884996
	ХПК	0,039	0,024	0,09194	0,054461
1.4	F2				
	А з о т аммонийный	2,17	0,7513	0,019	0,00573
	Взвешенные вещества	188	161,6879	1,65	1,16
	нефтепродукты	0,05	0,0086	0,0004	0,00006
	Сульфаты (по SO4)	751	652	5,5454	5,28542
	Железо общее	0,084	0,081	0,0007	0,00058
	Кадмий	0,0003	0	0,000003	0
	Кобальт	0,018	0,001	0,0002	0,00001
	Марганец	0,097	0,0854	0,0008	0,00065
	Медь	0,055	0,0095	0,0005	0,000029
	Мышьяк	0,293	0,089	0,0026	0,00009
	Никель	0,029	0,0216	0,0003	0,00016
	Свинец	0,013	0,0097	0,0001	0,00003
	Фториды	0,16	0,1598	0,0014	0,0011
	Хлорид (по Cl)	389	296	2,8567	2,3391
	Цианиды	0,007	0,001	0,000084	0,00001
	Цинк	0,3	0,0549	0,0026	0,00047
1.5	H2				
	БПК5	13,65	7,167	11,635	4,093
	Взвешенные вещества	1595,55	196,8	1142,979	151,44
	Калий О-(2-метилпропил) дитиокарбонат	134,59	110,65	111,514	71,206
	Кальций фосфат (2:1) (по PO4)	855,7	402,5	705,21	358,516
	Магний хлорат	800	146,5	684,098	124,108
	Медь	1,22	0,011	1,225	0,0057
	Молибден	0,43	0,204	0,423	0,0747
	Мышьяк	2,266	0,016	2,122	0,0082
	Натрий	1077,97	389,41	898,962	389,081



Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	105	32,716	87,047	18,5538
Сульфаты (по SO <sub>4</sub> )	2765,2	1343,953	1573,6	1131,469
Железо общее	30,235	0,061	28,177	12,602
Фториды	2,68	1,743	2,573	0,5298
Хлорид (по Cl)	2566,244	1588,6	2172,601	1094,899
ХПК	30	28,1	39,4	24,6
Цинк	5,34	0,537	5,2285	0,238

Данные по концентрациям, валовым сбросам наиболее характерных загрязняющих веществ по предприятиям приведены в таблице 3.13. Показатели сбросов зависят от притока карьерных вод и их качественного состава.

Виды и концентрация загрязняющих веществ в сточных водах зависят от состава сырья и применяемых технологических реагентов.

Загрязняющие вещества в рудничных водах: хлориды, сульфаты, железо – связаны с высокой минерализацией дренажных палеозойских вод в карьерах. Следует отметить, что высокие концентрации хлоридов и сульфатов характерны так же и для поверхностных вод Северного Казахстана, что не связано с производственной деятельностью предприятий, а является природным фактором.

### **3.2. Подземная добыча руд цветных металлов (включая драгоценные)**

Подземная разработка месторождений руд цветных металлов различных форм, мощности, углов падения, на разных глубинах осуществляется с использованием подземных горных выработок под толщей перекрывающих пород.

Подземная разработка месторождений состоит из трех стадий: вскрытие, подготовка и очистная выемка, которые выполняются последовательно или совмещенно во времени и пространстве с целью обеспечения производства достаточными запасами вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезного ископаемого. Плановая и эффективная разработка месторождения возможна при условии строгой увязки во времени и пространстве вскрытия, подготовки и очистной выемки, и при обеспеченности рудника достаточными запасами вскрытого, подготовленного и готового к выемке полезного ископаемого.

Подземная разработка месторождений руд цветных металлов влияет на атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, геологическую среду, отчуждение земель. Масштабы и значение этих воздействий на окружающую среду зависят от размера и интенсивности горнодобывающей деятельности в сочетании с топографией и климатическими условиями района, особенностями залегания месторождения, методами добычи, сельскохозяйственной деятельностью в регионе, наличием лесных заповедников и т. д [22].

Интенсивное пыле- и газообразование происходит во время следующих процессов: бурение шпуров и скважин, взрывание и погрузка взорванной горной массы,

транспортировка, погрузка и перегрузка сырой руды и породы, грохочение, дробление, работа проходческих, добычных и прочих машин и механизмов. Однако, подвергаясь процессу пылеподавления и гидрообеспыливания и проходя по горным выработкам, запыленный воздух почти полностью самоочищается. Исходящий воздух может иметь потенциальные выбросы твердых частиц, окиси углерода, оксидов азота и ЛОС. Общие методы для сведения к минимуму выбросов твердых частиц включают: использование туманообразователей, орошение горной массы, распыление воды для поддержания достаточного увлажнения; использование экологически приемлемых химических аэрозолей для стабилизации поверхностей. В процессе отвалообразования рекомендованы: рекультивация участков, которые не будут нарушены в будущем; покрытие самосвалов или железнодорожных вагонов для сведения к минимуму выбросов во время транспортировки материала; установление ограничения скорости на грунтовых поверхностях, чтобы свести к минимуму выбросы пыли при движении транспортных средств, учитывая местные погодные условия.

Основной фактор воздействия на водную среду – сброс шахтных вод, загрязненных взвешенными частицами и растворенными химическими веществами, и естественный сток с породных и рудных отвалов, где возможно бесконтрольное распространение инфильтрующихся вод. Кроме того, в подземных условиях загрязняются дренируемые грунтовые воды, а при откачке шахтной воды образуются депрессионные воронки, радиус которых может достигать десятков километров.

Шахтный откачиваемый объем довольно стабильный. Количество воды обычно не меняется, но возможны сезонные всплески в период обильных осадков и снеготаяния. Вода может содержать остатки взрывчатых веществ, твердых частиц, растворимые соединения металлов и может иметь низкий pH. Потенциально не исключено присутствие нефтепродуктов, обезжиривающих и моющих средств и других вредных веществ, которые могут повлиять на качество воды и водные экосистемы. Все предприятия с подземной добычей цветных руд обязаны осуществлять очистку шахтных и сточных вод. Следовательно, устройство оборотных систем водоснабжения, ликвидация отвалов, сокращение поступления примесей в сточные воды путем совершенствования технологических процессов являются первоочередными задачами комплекса мероприятий, предупреждающих загрязнение водотоков и водоемов сточными водами.

Горный и земельный отвод с поверхностным комплексом зданий и сооружений, отвалы, очистные сооружения и прочее занимают значительные территории, которые используются продолжительное время. Подземная добыча вследствие извлечения руды и вмещающих пород сопровождается плавным или интенсивным (редко) сдвижением горного массива. В большинстве случаев эти процессы являются причиной деформации участков земной поверхности. На таких участках образуются воронки обрушения, происходят оползни, обвалы. Однако добыча руды подземным способом

требует существенно меньшего отчуждения земель и не вызывает столь значительных нарушений и изменений инфраструктуры и ландшафтов, как открытые горные работы. Кроме того, объемы размещаемых на постоянное хранение пустых пород можно уменьшить, используя для заполнения подземных пустот рудника и воронок обрушения на поверхности. Маркшейдерскими службами каждого предприятия в обязательном порядке производится контроль образования подземного выработанного пространства, а также совместно с экологическими и специализированными подразделениями и организациями осуществляется мониторинг влияния его на окружающую среду.

При подземной добыче руд цветных металлов (включая драгоценные) на предприятиях могут использоваться следующие энергетические ресурсы:

- моторное топливо (дизельное топливо);
- электрическая энергия;
- тепловая энергия.

В виду того, что на предприятиях в большей степени не налажен отдельный учет потребляемых энергетических ресурсов по технологическим переделам, были рассмотрены укрупненные показатели потребления ТЭР и удельных расходов на производимую продукцию.

В таблице 3.14 представлены текущие объемы потребления энергетических ресурсов, применяемых при подземной добыче руд цветных металлов.

В качестве удельных расходов потребления ресурсов определено потребление ресурсов на тонну добытой руды.

Таблица 3.14. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов

№ п/п	Наименование объекта	Потребляемый ресурс	Целевое назначение использования	Годовое потребление, т у.т	Удельное потребление, т у.т./т
1	2	3	4	5	4
	B5			15 103,369	0,00293 – 0,00465
	B6			10 433,569	0,00118 – 0,00208
	B7			10 549,650	0,00176 – 0,00205
	B8			312,920	0,00020 – 0,00021
	B9			102,665	0,00003 – 0,00003
	B10			6 683,290	0,00167 – 0,00190
	B11			97,774	0,00016 – 0,00062

	B12	Электрическая энергия	Добыча	1 697,951	0,00100 0,00104	–
	B13			1 697,951	0,00261 0,00302	–
	D2			2 063,152	0,00088 0,00105	–
	D3 – D5			1 515,729	0,00051 0,00054	–
	F1			2 564,270	0,00436 0,00636	–
	H1			1 482,839	0,00429 0,00635	–
	H2			1 299,852	0,00485 0,00743	–
	H3			804,752	0,00321 0,00619	–
	B7	Моторное топливо	Добыча	47 605,714	0,00793 0,00923	–
	B9			102,665	0,00003	
	B10			1 717,669	0,00043 0,00049	–
	B11			423,765	0,00071 0,00270	–
	B12			2 106,642	0,00124 0,00129	–
	B13			933,293	0,00144 0,00166	–
	D2			1 527,234	0,00065 0,00077	–
	F1			224,776	0,00038 0,00056	–
	H1	343,743	0,00100 0,00147	–		
	H2	926,157	0,00346 0,00530	–		
	H3	95,725	0,00038 0,00074	–		

Из представленной таблицы видно, что удельный расход электрической энергии на добытую подземным способом руду может варьироваться в пределах от 0,00003 до 0,00743 т у.т. на тонну добытой подземным способом руды. Такое большое расхождение в удельных расходах связано в первую очередь с особенностями разрабатываемых месторождений, глубиной их разработки и применяемой техники при разработке месторождения. Также на удельный расход электрической энергии могут оказывать влияние особенности учета и потребления энергетических ресурсов на различных предприятиях.

Удельный расход моторных топлив на добытую подземным способом руду варьируется от 0,00003 до 0,00923 т у.т. на тонну добытой руды. Такое расхождение в удельных расходах на различных предприятиях связано с использованием для транспортировки автотранспорта и спецтехники, работающими на моторном топливе.

### **3.2.1. Вскрышные работы**

Вскрытие заключается в проведении горных выработок, открывающих доступ с поверхности к рудному телу и обеспечивающих возможность проведения подготовительных выработок.

Вскрывающие выработки – это выработки, предназначенные для вскрытия шахтного поля, на первых и всех последующих откаточных и вентиляционных горизонтах. Проведение вскрывающих выработок называется горно-капитальными работами, а сами выработки – капитальными. К вскрывающим выработкам относятся: вертикальные и наклонные стволы, штольни, квершлагги, околоствольные дворы, капитальные рудоспуски и породоспуски, шурфы, автомобильные съезды и уклоны, обслуживающие основные горизонты и т. д.

Вскрывающие выработки по расположению относительно земной поверхности подразделяются на 2 группы [23]:

- основные - имеющие непосредственный выход на земную поверхность;
- подземные - не имеющие непосредственного выхода на поверхность.

По выполняемым функциям вскрывающие выработки подразделяются на:

- главные – служащие для транспортировки и подъема руды;
- вспомогательные – все остальные выработки.

К основным главным вскрывающим выработкам относятся: вертикальные и наклонные шахтные стволы, штольни, автомобильные съезды, выполняющие основные функции по подъему или транспортировке полезного ископаемого, а к основным вспомогательным – вертикальные и наклонные стволы, штольни, предназначенные для вентиляции, передвижения людей, доставке материалов и т. д. К подземным главным вскрывающим выработкам относятся слепые вертикальные и наклонные стволы, этажные квершлагги, автомобильные съезды и транспортные уклоны, служащие для транспортирования и подъема руды.

Главные вскрывающие выработки служат для транспортирования руды (сырой) и пустой породы на поверхность, вентиляции, перемещения людей, доставки материалов и оборудования. Данные выработки проходят по месторождению, по пустым породам со стороны лежачего либо всячего бока или с флангов, по пустым породам и руде, пересекая рудное тело.

К подземным вспомогательным вскрывающим выработкам относятся: околоствольные выработки (околоствольные дворы, насосные камеры, водосборники, камеры электроподстанций, обгонные и соединительные выработки), подземные бункера, дозаторные камеры и камеры дробильных установок, капитальные рудоспуски

и породоспуски, камерные выработки специального назначения (камеры подъемных машин, электровозное депо, ремонтные и заправочные пункты, склады любого назначения, камеры ожидания, медпункты и т.д.), специальные закладочные, вентиляционные, дренажные и водоотливные выработки, уклоны по доставке самоходного и другого оборудования с основного горизонта на подэтажные горизонты, все выработки концентрационного горизонта. Вспомогательные выработки служат для вентиляции, доставки оборудования, а также в качестве дополнительного выхода на поверхность и других целей.

Форма, размеры, способы проведения, крепления вскрывающих выработок зависят от срока их службы, оптимальной работы транспорта, безопасности передвижения людей, доставки материалов и оборудования, а также пропуска необходимого количества воздуха [16].

В зависимости от места расположения главных вскрывающих выработок способы вскрытия месторождения разделяют на простые и комбинированные. Существует достаточное разнообразие простых и комбинированных способов вскрытия (таблица 3.15).

К простым способам относятся вскрытия: вертикальным шахтным стволом по рудному телу, по породам лежачего бока, по породам висячего бока; наклонным шахтным стволом по породам лежачего бока и на флангах месторождения; вскрытие штольней по рудному телу, по породам лежачего бока, по породам висячего бока. Сущность простых способов вскрытия состоит в том, что вскрытие месторождения производится главной вскрывающей выработкой на всю глубину разработки.

Комбинированные способы сочетают два или более способа вскрытия, например, вертикальный шахтный ствол с поверхности с переходом в вертикальный слепой ствол, вертикальный шахтный ствол с поверхности с переходом в наклонный слепой ствол, штольня с переходом в вертикальный слепой ствол, штольня с переходом в слепой наклонный ствол. Сущность комбинированных способов вскрытия заключается в том, что верхнюю часть месторождения вскрывают одной главной выработкой, а нижнюю – другой с выдачей руды на поверхность последовательно по обеим главным выработкам [23].

Таблица 3.15. Классификация способов вскрытия рудных месторождений

№ п/п	Способ вскрытия	Группа способа вскрытия	Схема вскрытия
1	2	3	4
		Вертикальным	Вертикальным стволом, расположенным в лежачем боку залежи
			Вертикальным стволом, расположенным в висячем боку залежи

1	Простой	стволом	Вертикальным стволом, пересекающим залежь
			Вертикальным стволом с концентрационными горизонтами
		Наклонным стволом	Наклонным конвейерным стволом, расположенным в лежачем боку залежи
			Наклонным скиповым стволом, расположенным в лежачем боку залежи
		Наклонным стволом по месторождению	
Автомобильным съездом или уклоном	Автомобильным съездом или уклоном, пройденным в лежачем боку или на фланге залежи		
		Штольней	Штольней расположенной в лежачем боку залежи
			Штольней расположенной висячем боку залежи
2	Комбинированный	Вертикальным стволом и вертикальным слепым стволом	Вертикальным стволом с поверхности с переходом в вертикальный слепой ствол
		Вертикальным стволом и наклонным слепым стволом	Вертикальным стволом с поверхности с переходом в наклонный слепой ствол
		Наклонным стволом и наклонным слепым стволом	Вскрытие наклонным стволом с поверхности с переходом в наклонный слепой ствол
		Штольней и вертикальным слепым стволом	Штольней с переходом в вертикальные слепые стволы
		Штольней и наклонным слепым стволом	Штольней с переходом в наклонные слепые стволы

Целесообразность вариантов вскрытия оценивают путем технико-экономического сравнения. Выбирается тот, при котором обеспечивается наибольшая безопасность работ и меньшие затраты [24].

Вскрытие запасов шахтного поля В8 осуществляется двумя существующими выездными траншеями, двумя центральными (доставочно-транспортным и конвейерным) уклонами, двумя фланговыми вентиляционными уклонами, тремя

вентиляционными восстающими, существующим стволом "вентиляционный вспомогательный 1" и проектируемыми стволами "воздухоподающий-клетевой" и "вентиляционный вспомогательный 2".

Подземная добыча на руднике II ведется из трех рудных зон через четыре наклонно-транспортных съезда. Дополнительные два ствола предназначены только для аварийного доступа.

В настоящее время месторождение вскрыто с поверхности двумя автотранспортными уклонами РЭУ 1 - пройденными до отм. -217 м, РЭУ 2 - пройденными до отм. -160 м, лифтовым подъемником "Алимак" (ВХЛВ - №1) с уровня отметки штольни №2 до горизонта +40 м, лифтовым подъемником "Алимак" (ВХЛВ - №2), пройденным с горизонта +28 м до горизонта -120 м, ходовое отделение ВХВ с отм. -160 м на отм. -120 м, ходовое отделение ВХВ с отм. -120 м на отм. -80 м.

На сегодняшний день транспортный уклон 3, проектируемый с поверхности до горизонта -100 м, пройден с поверхности на расстояние по вертикали около 31 м.

Проходка на шахте II осуществляется с помощью современных электрогидравлических одностреловых и двухстреловых самоходных буровых установок для бурения скважин, ПДМ для выемки горной массы и самосвалов с шарнирно-сочлененной рамой для вывоза руды на поверхность.

### **3.2.2. Подготовка**

Способы подготовки основных горизонтов определяются технико-экономическим сравнением возможных вариантов, учитывающих геологические, технические, технологические и экономические факторы и зависят от характера рудного тела – его мощности и угла падения, от физико-механических свойств руды и вмещающих пород, принятого порядка очистной выемки в этаже, от способа транспортирования полезного ископаемого.

Назначение подготовительных выработок заключается в следующем:

оконтуривание (выделение) этажа, шахтного поля, блоков или панелей;

создание связи блока (панели) с общерудничной транспортной сетью;

обеспечение эффективного проветривания рабочих мест;

обеспечение свободного доступа в забои и аварийного выхода из них, снабжение забоев оборудованием, материалами, энергией, высокопроизводительная выдача из них добытой руды.

Подготовка рудных месторождений к очистным работам включает проведение подготовительно-нарезных выработок. Подготовительные работы – проведение подготовительных выработок с одной плоскостью обнажения, которые разделяют шахтное поле или его часть на отдельные выемочные блоки (панели) с целью обеспечения транспорта материалов и руды, вентиляции, нарезных и очистных работ.

Принятый способ подготовки, расположение и размеры подготовительных выработок должны обеспечивать: безопасное производство очистных работ,



эффективное проветривание очистных забоев, своевременную подготовку этажей и блоков для сохранения постоянного резерва подготовленных и готовых к выемке запасов руды с определенным средним содержанием полезных компонентов, удобные и безопасные условия передвижения людей, доставку материалов и оборудования по выработкам, минимальные потери руды в целиках, предохраняющих подготовительные выработки, удобные и производительные способы доставки руды, погрузки и откатки, минимальные расходы на поддержание выработок и ремонт крепи.

Проведение горных выработок, в зависимости от их назначения, горно-геологических и гидрологических условий, могут осуществляться различными способами. Выбор способа и оборудования для проведения выработок зависит как от размеров их поперечных сечений, устанавливаемых в зависимости от назначения выработки, так и от крепости и устойчивости горных пород. В настоящее время при подземной разработке рудных месторождений наиболее широкое распространение получили два способа проведения горных выработок: буровзрывной и комбайновый [ 23].

Таблица 3.16. Классификация способов и схем подготовки рудных месторождений

№ п/п	Способ подготовки	Угол падения залежи, а, град	Схема подготовки	Мощность залежи, т, м
1	2	3	4	5
1	Погоризонтный	< 15	Главными и выемочными штреками с отработкой заходками	< 3
			Главными и выемочными штреками с отработкой лавами	
2	Панельный	< 15	Панельно-столбовая с отработкой заходками	< 3
			Панельно-столбовая с отработкой лавами	
			Панельно-камерная с расположением камер между главными штреками	< 30
			Панельно-камерная с расположением камер между панельными штреками	
			Рудным штреком	< 8
			Полевым штреком	8 - 12

3	Этажный	> 15	Рудным и полевым штреками с диагональными заездами	10 - 18
			Рудным и полевым штреками с кольцевыми заездами	10 - 18
			Рудным штреком и тупиковыми ортами	15 - 40
			Полевым штреком лежачего бока и тупиковыми ортами	15 - 40
			Полевым штреком висячего бока и тупиковыми ортами	15 - 40
			Полевыми штреками лежачего и висячего боков и кольцевыми ортами	> 40

В рамках подготовки создаются коммуникации и магистрали для вентиляции, канализации электроэнергии, передвижения людей и транспортирования грузов.

Подготовленные запасы руды – запасы выемочных участков, в которых полностью пройдены подготовительные выработки, предусмотренные принятой системой разработки.

Для разделения шахтного поля на этажи используют подготовительные выработки основного горизонта – откаточные штреки и орты, а разделение этажа на отдельные выемочные участки – блоки используют восстающие. В некоторых случаях этажи делят по высоте на подэтажи. Высота этажа составляет 50–100 м (редко более) в зависимости от горно-геологических условий и технологии добычи [16].

При большой мощности рудных тел в породах лежачего бока проходят полевые восстающие, соединяющие полевые этажные штреки. Помимо этого, проходят вспомогательные восстающие у контакта висячего бока или восстающие, пересекающие рудное тело.

Для передвижения механизмов на участках очистной выемки используют систему горизонтальных выработок откаточного и вентиляционного горизонтов, восстающих и рудоспусков, при подготовке наклонными съездами используют съезды спиральной или иной формы и рудоспуски, сбитые с подэтажами.

По расположению подготовительных выработок относительно рудного тела подготовка месторождений может быть рудной, полевой и смешанной.

При большой мощности рудных тел в породах лежачего бока проходят полевые восстающие, соединяющие полевые этажные штреки. Помимо этого, проходят

вспомогательные восстающие у контакта висячего бока или восстающие, пересекающие рудное тело.

Отрезные, рудоспускные, вентиляционно-ходовые, восстающие между подэтажами и дучки проходят буровзрывным способом секционного взрывания скважин, шпуровым или бурением (расширением) скважин большого диаметра. Наибольшее распространение способ проходки восстающих секционным взрыванием получил при оформлении отрезных восстающих или щелей при этажной и подэтажной отбойке руд. Часто проходка восстающих секционным взрыванием осложняется тектоникой и проявлениями горного давления.

Проходка восстающих выработок – один из трудоемких и опасных процессов. Для механизации процессов проходки выработок с углом наклона  $60 - 90^\circ$  применяют комплексы КПВ. Данный способ широко применяется на шахтах ВЗ-В15, D1, D2. Ползок перемещается по монорельсу с помощью приводных звездочек. Бурение с ползков осуществляется перфораторами. Однако способ не исключает главного недостатка пребывания проходчиков в опасных условиях и в последнее время от него уходят к более безопасным способам.

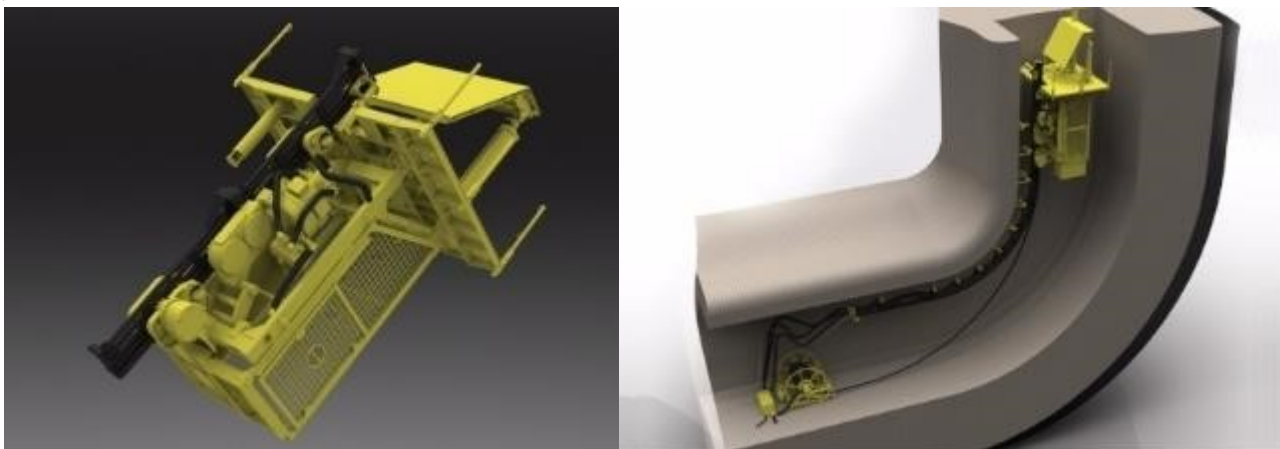


Рисунок 3.11. Комплекс проходческий КПВ-4А

Способ проходки бурением и расширением вертикальных и наклонных скважин использованием буровых станков – безлюдный и один из самых перспективных. Скорость проходки восстающих увеличивается по сравнению с буровзрывными способами в разы. Станки этого типа предназначены для проведения вертикальных и наклонных выработок диаметром до 3 м, до 100 м в длину и под углом до  $70^\circ$  в породах с коэффициентом крепости до 12 по Протоdjяконову, однако применяется и в более крепких породах. Применяют также станки для проходки восстающих снизу-вверх сплошным забоем или в две стадии с первоначальным бурением опережающей скважины. По такому принципу комбайны 2КВ, "Robbins" фирмы "Atlas Copco" (Швеция) и "Rhino" фирмы "TRB-Raise Borers" (Финляндия) [25].

Горные выработки, проводимые в уже подготовленных участках с одной или двумя плоскостями обнажения в пределах добычных блоков и необходимые для производства

очистных (добычных) работ из этих участков, принято называть нарезными выработками, а выполняемые при их проведении работы – нарезными работами. Главной целью этих работ является создание выемочных участков, подэтажных горизонтов, отрезных щелей, выработок подсечки и т. д. После завершения нарезных работ блок считается подготовленным к очистным работам.

Количество и расположение нарезных выработок в пространстве зависит от системы разработки. Нарезные выработки по назначению могут делиться на:

буровые (буровые штреки, орты, восстающие, камеры и заходки);

выпускные (воронки, траншеи, дучки, погрузочные заезды и т. д.);

доставочные (рудоспуски, скреперные штреки или орты, ниши для питателей, конвейерные выработки и т. д.);

подсечные и отрезные (отрезные щели и восстающие, подсечные штреки или орты, и т. д.);

вентиляционные (вентиляционные штреки, орты, восстающие, сбойки и т. д.);

соединительные (ходки, материально-ходовые выработки и т. д.);

выработки для управления горным давлением (используются при производстве закладочных работ и обрушении вмещающих пород и руды).

Нарезные выработки проходят в пределах блоков, панелей непосредственно для очистной выемки:

подэтажные горизонтальные выработки разделяют блок на отдельные выемочные подэтажи;

выработки горизонта скреперования – штреки или орты – служат для доставки отбитой руды до выработок основного горизонта, а также для вторичного ее дробления ;

выработки горизонта грохочения – камеры, штреки, орты – служат для вторичного дробления руды и перепуска руды на основной горизонт;

выработки горизонта подсечки служат для подрезки массива руды в днище блока;

отрезные восстающие служат для отрезки массива руды в заданном месте блока;

щели, ходки, сбойки и ряд других выработок обеспечивают оптимальное развитие работ.

Для нарезки днища блоков используют самоходные буровые установки и ПДМ или перфораторы на пневмоподдержке и скреперные установки различных модификаций.

Готовые к выемке – запасы руды подготовленных выемочных участков, в которых полностью пройдены нарезные выработки, необходимые для производства очистной выемки.

Создание и постоянное сохранение резерва вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов необходимо для того, чтобы:

планово и своевременно по мере отработки одних участков месторождения развивать добычу руды на других участках в необходимом количестве;

иметь запас времени для эксплуатационной разведки и дренажа вводимых в эксплуатацию частей месторождения;

поддерживать равномерное содержание полезных компонентов в руде, направляемой на переработку, путем планомерного ввода в очистную выемку участков месторождения с различным составом руды;

иметь резервные участки на случай временного прекращения работ по вскрытию и подготовке или необходимости увеличения добычи руды сверхустановленного плана.

### 3.2.3. Системы разработки

Система разработки рудных месторождений подземным способом – порядок и технология очистной выемки руды, определяющие совокупность конструктивных элементов выемочного участка, технологических процессов и способ управления горным давлением, увязанных во времени и пространстве.

Во всем многообразии систем каждой системе присущи: конструктивные характеристики, порядок очистной выемки, технология очистной выемки.

В качестве единой классификации систем подземной разработки рудных месторождений устанавливается классификация, в основу которой положен способ управления горным давлением [26].

Таблица 3.17. Единая классификация систем подземной разработки рудных месторождений

№ п/п	Номер класса	Наименование класса	Системы
1	I	Системы с открытым выработанным пространством	Сплошные системы Камерно-столбовые системы Потолкоуступные системы Системы с доставкой руды силой взрыва Системы с подэтажной отбойкой Этажно-камерные системы
2	II	Системы с магазинированием руды	Системы с магазинированием руды блоками Системы с магазинированием и отбойкой руды глубокими скважинами
			Сплошные системы с однослойной выемкой и закладкой

3	III	Системы с закладкой	Системы разработки горизонтальными слоями с закладкой Столбовые системы с однослойной выемкой и закладкой Системы с камерной выемкой и закладкой
4	IV	Системы с креплением	Системы с распорной крепью Системы с крепежными рамами Сплошные системы с однослойной выемкой и креплением Столбовые системы с однослойной выемкой и креплением
5	V	Системы с обрушением	Системы слоевого обрушения Системы подэтажного обрушения Системы этажного обрушения Столбовые системы с обрушением налегающих пород

Очистная выемка при любой системе разработки представляет собой производственную стадию, которая включает совокупность взаимосвязанных и следующих в определенной последовательности друг за другом комплексов рабочих процессов и операций, классификация которых представлена на рисунке 3.12: отбойка руды – отделение ее от массива, доставка руды – перемещение отбитой руды от забоя до откаточного горизонта. Составной частью этой операции являются выпуск и погрузка руды, поддержание выработанного пространства [27].



Рисунок 3.12. Классификация комплекса рабочих процессов при производственной стадии очистных работ

Система разработки месторождения D3 – подэтажно-камерная выемка с твердеющей закладкой выработанного пространства. Для условий разработки месторождения B8 принята панельно-столбовая система разработки с разделением рудных тел на панели – выемочные единицы. Годовая производительность очистной панели изменяется от 150 до 550 тыс. тонн в зависимости от мощности отработки рудных тел. На объекте B9 была принята панельно-столбовая система разработки с последующей выемкой целиков и погашением пустот. На руднике B13 применяется система разработки подэтажным обрушением. Высота подэтажа между горизонтами составляет 12 – 20 метров.

#### **3.2.4. Крепление выработок**

Крепление горных выработок – один из основных рабочих процессов при проведении горных выработок, представляет собой совокупность операций по возведению крепи, возводимой в подземных горных выработках с целью предотвращения обрушения окружающего массива горных пород и сохранения необходимых размеров поперечного сечения выработок.

К горной крепи предъявляют следующие требования: крепь должна выдерживать приходящуюся на нее нагрузку, сохранять свое первоначальное положение, обеспечивать рабочее состояние выработки и безопасные условия эксплуатации в течение всего срока службы, быть простой в монтаже, воспринимать без опасных деформаций многократное воздействие взрывных работ, занимать в выработке как можно меньше места, не мешать выполнению рабочих процессов, не оказывать большого сопротивления движению воздушной струи и быть безопасной в пожарном отношении [27].

Факторами, определяющими форму поперечного сечения выработки, являются: физико-механические свойства горных пород, назначение и срок службы выработки, материал крепи, положение выработки в пространстве, размеры поперечного сечения выработки, величина и направление горного давления. Форма поперечного сечения выработки определяется удобством ее эксплуатации, материалом и конструкцией крепи, которые в свою очередь должны обеспечить устойчивое ее состояние в течение всего срока службы при минимальных затратах.

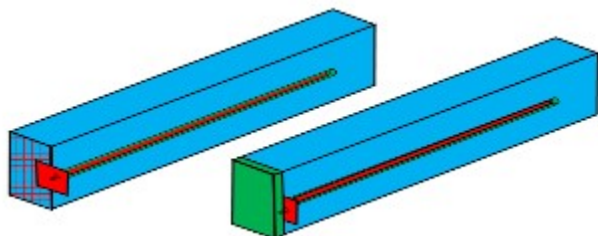
По характеру работы различают крепи: жесткая, податливая, шарнирная, комбинированная; по сроку службы: постоянная и временная; по форме сечения выработок: трапецевидная, арочная, кольцевая, эллиптическая, полигональная, сводчатой формы; по виду выработки – для горизонтальных, наклонных и вертикальных горных выработок.

Для крепления капитальных выработок с большим сроком службы применяют крепи: бетонные, железобетонные, сборные металлические и железобетонные (тубинги), металлические рамы и др., воспринимающие нагрузку в пределах упругих деформаций без изменения формы и размеров.

В настоящее время широкое распространение для крепления горных выработок получили облегченные (упрочняющие) виды крепи: анкерная, набрызгбетонная и комбинированная – анкера с сеткой, анкера и набрызг-бетон, анкера с сеткой и набрызг-бетонном. Эти виды крепей в подавляющем большинстве применяются на всех рудниках нашей страны при проведении горных выработок.

а

б



а – анкера в сочетании с металлической сеткой, б – анкера в сочетании с набрызг-бетонном

Рисунок 3.13. Конструкция комбинированного крепления горных выработок

Устойчивость руды и вмещающих пород подземных рудников предприятия В позволяют вести проходку горизонтальных выработок без крепления или с комбинированным креплением (железобетонными штангами с набрызг-бетоном). В случае ухудшения горно-геологических условий, при проходке применяется бетонное крепление. Соотношение видов крепления принимается: без крепления – 30 %, комбинированное крепление – 65 %, бетонное крепление – 5 %.

Сопряжение горизонтальных выработок, а также камерные выработки крепятся бетоном, а в крепких и устойчивых породах – железобетонными (сталеполимерными) штангами с последующим покрытием набрызг-бетоном. Вентиляционные восстающие проходятся прямоугольным сечением. В случае ухудшения горно-геологических условий осуществляется крепление восстающих по всему периметру.

Крепление горных выработок на рудниках В5, В6, В7 производится в соответствии с действующими "Методическими указаниями по выбору и применению штанговой и набрызг-бетонной и комбинированной крепей".

Согласно методическим указаниям целесообразность и параметры крепления пород штангами, набрызг-бетоном или комбинированной крепью определяется степенью устойчивости пород. На месторождении принята следующая классификация пород по группам устойчивости:

I группа – устойчивые: серые безрудные крупно- и среднезернистые песчаники мощностью 2,5 м и более метров со слабо выраженной трещиноватостью;



II группа – средней устойчивости: серые слабо-трещиноватые песчаники мощностью от 1,5 м до 2,5 м;

III группа – средней устойчивости: серые песчаники с пропластками красноцветных пород и внутрiformационных конгломератов, а также породы, подверженные выветриванию и склонные к интенсивному расслоению (красные песчаники, алевролиты, аргиллиты, внутрiformационные конгломераты).

При очистных работах породы третьей группы крепятся комбинированной крепью (штанги и набрызгбетон) в камерах, по которым проходит трасса движения людей и механизмов, а также в камерах с мелко-блочным строением непосредственной кровли при размере структурного блока меньше 0,4 м. Необходимость торкретирования кровли в очистных камерах определяется паспортом крепления и управления кровлей, утвержденным главным инженером рудника.

Кровля камер, представленная породами второй группы устойчивости, крепится штангами. Торкретирование кровли, представленной породами второй группы устойчивости, производится в очистных камерах на участках, где планируется почвоуступная выемка руды. Торкретирование кровли может производиться после отработки верхней подсечки в панели (блоке) и должно быть выполнено не позже, чем за месяц до начала отработки уступа. Необходимость торкретирования пород II группы устойчивости, в случаях, непредусмотренных данной методикой, определяется паспортом крепления, утвержденным главным инженером рудника.

Кровля очистных камер, представленная породами I группы, не крепится.

Горнопроходческие выработки, пройденные в породах:

III группы крепятся комбинированной крепью;

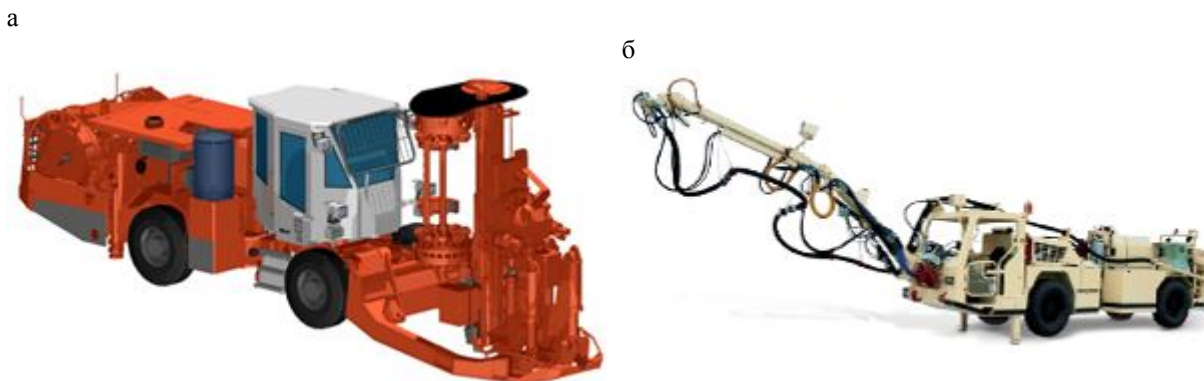
II группы крепятся штанговой крепью и набрызг-бетоном только на сопряжениях и разминовках, а также при проведении камерных выработок, шириной более 5 м;

I группы не крепятся.

Отработка жил на объектах Н1, Н2 и Н3 производится с распорной крепью и оставлением регулярных или нерегулярных рудных целиков, которые затем отрабатываются по спец проекту в отступающем порядке. Выработки для работы самоходного транспорта на объектах Н1, Н2 и Н3 в основном крепятся штанговой крепью СЗА. При ослабленных породах или имеющих нарушениях горных пород устанавливают податливую металлическую крепь из спец. профиля СВП27 с перекрытием кровли железобетонными затяжками или деревом между рамами. При проходке выработок на жильных месторождениях устанавливаются штанги СЗА. Может устанавливаться деревянная крепь (неполный дверной оклад) рамами или устанавливаются подхваты и затягивается кровля накатником в сплошную с затяжкой бортов выработки на 2/3 или всю высоту выработки. Для установки деревянной крепи

используется лес Ø180- 240 мм, а для затяжки бортов выработки используется однорез или доска  $t= 40-60$  мм. При подготовке очистного блока к отработке производится крепление очистного пространства в подсечной выработке.

Для повышения безопасности, увеличения производительности и уменьшения трудоемкости при установке анкерного крепления и нанесения набрызг-бетона на кровлю и бока горной выработки используются специальные машины для крепления (рис. 3.14), которые механизмируют операцию по установке анкеров.



а - DL420-10 и нанесения набрызг-бетона, б - Spraymec 6050WP

Рисунок 3.14. Внешний вид машин для крепления выработок анкерами

Стабильность выработок на шахте II поддерживается за счет крепления кровли (фрикционные анкеры, сетки, торкретирование), кроме того, оставляются поддерживающие колонны из неизвлекаемой руды (подлежащей или не подлежащей извлечению в будущем), а также проводится засыпка отработанного пространства пустой породой по необходимости.

### 3.2.5. Отбойка и дробление руды

Отбойкой руды называется отделение части руды от массива и дробление ее до куска определенного размера.

При разработке мощных месторождений, сложенных слабыми или трещиноватыми минералами, способными при обнажении на достаточной площади под действием гравитации и давления налегающей толщи обрушаться, используют феномен самообрушения. Способ характеризуется высокой производительностью и дешевизной, однако условия его применения крайне ограничены.

Взрывная отбойка менее энергоемка, чем другие способы и применяется для отбойки цветных руд средней и высокой крепости, отбойку ведут с помощью зарядов ВВ в шпурах, взрывных скважинах и минных выработках. На сегодняшний день этот способ является основным. Взрывной способ разрушения основан на применении взрывчатых веществ, при быстротечном разложении которых освобождающаяся энергия взрыва отделяет от массива и осуществляет дробление горной массы.

Взрывные скважины бурят вертикальными, наклонными и горизонтальными так, чтобы руда перемещалась в сторону обнаженной поверхности.

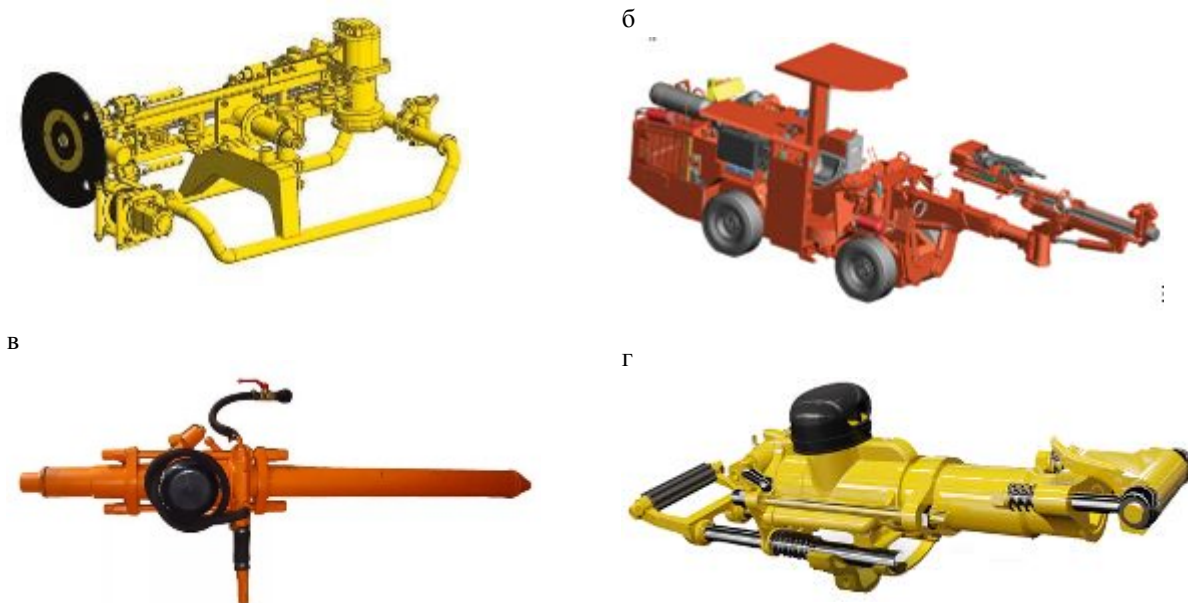
Для бурения взрывных скважин и шпуров на рудниках Республики Казахстан используют разнообразные буровые перфораторы ПТ и ПП и буровые станки Sandvik, Epiroc, Cat, Tamrock.

Таблица 3.18. Общие сведения о типах применяемого оборудования на рудниках и шахтах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)

№ п/п	Наименование структурного подразделения	Оборудование для бурения скважин и шпуров
1	2	3
1	B5	Minimatic
2	B6	
3	B7	
4	B8	Sandvik DD 420-60, Minimatic, RDH Drillmaster 200, RDH Drillmaster 150LP, Sandvik DL 420-10 (Solo 7-10), Sandvik DD 410-40, Sandvik DS 210L, Sandvik DS 510, Boltmaster 150LP
5	B9	Paramatic
6	B10	Monomatic
7	B11	SOLO-5-5F
8	B13	Rhino-2007DC, Sandvik DD410-40
9	D1	Rocket Boomer 281, УБШ-207, КС-50, SOLO 1L
10	H1	ПТ 36, ПТ-48, ПП-63, БП-100М, Solo DL 210-5, Bommer T-1D
11	H2	
12	H3	

Применяются каретки и установки добычного бурения, буровые станки с пневматическим или гидравлическим приводом, с электродвигателем, ДВС, дизель-электрическим приводом, самоходные, передвижные на специальных тележках. Бурильные машины с пневматическими двигателями необходимо обеспечивать сжатым воздухом, подаваемым от компрессора по воздуховодам, бурильные машины с электродвигателями снабжаются электроэнергией по кабелям, бурильные машины с ДВС, как правило, потребляют дизельное топливо.

Расположение скважины может быть параллельным, параллельно-сближенным, веерным. Для размещения зарядов ВВ до недавнего времени самыми распространенными были скважины диаметром 105–110 мм, которые бурят станками с погружными пневмоударниками производства ближнего зарубежья. В последнее время для подготовки массива к обрушению значительную долю буровых работ производят самоходным импортным оборудованием с диаметром скважин 89–102 мм.



а – БП-100, б – Sandvik DD-210V и телескопных перфораторов в – ПТ-38; г – ПТ-48  
 Рисунок 3.15. Внешний вид буровых станков, применяемых на рудниках

По условиям технологического процесса отбитая руда должна иметь куски определенной крупности. Размеры максимально допустимого куска во взорванной горной массе определяются параметрами транспортных средств, дробилок и других приемных устройств, а также условиями работы оборудования. Максимально допустимый размер кусков обычно принимают от 300–400 до 800–1000 мм, при отбойке руды взрывным способом образуется некоторое количество некондиционных кусков – негабаритов. Для дробления негабарита применяют взрывчатые вещества или механические устройства (дробилки, бутобой) [22].

Для улучшения дробления руды и снижения сейсмического эффекта необходимо использовать дифференцированное распределение ВВ в рудном массиве (геометрию расположения вееров и пучков скважин) и короткозамедленное взрывание зарядов, например, с интервалами: 25, 50, 75, 100 и 150 мс [19].

Как правило, рудные шахты не относятся к опасным по газу и пыли, на них широко применяются промышленные ВВ для подземных горных работ, отличительной полосой которых является красный цвет оболочки патронов или ярлыков. Распространены аммиачно-селитренные гранулированные, порошкообразные и эмульсионные ВВ.

Аммиачно-селитренные ВВ – механические смеси аммиачной селитры с нитросоединениями или с горючими и разрыхляющими добавками: аммониты, аммоналы, динамоны. Широко применяются: граммониты, гранулиты, аммониты № 6ЖВ, игданиты, эмульсионные ВВ. В связи с гигроскопичностью аммиачно-селитренных ВВ возникает необходимость в придании им свойства водоустойчивости, которое достигается введением в готовый состав ВВ или в аммиачную селитру небольшого количества специальных добавок. Сорты ВВ, изготовленные из водоустойчивой аммиачной селитры, имеют марку ЖВ.

К водоустойчивым ВВ относятся: аммониты № 6ЖВ, а также тротил и другие нитросоединения. Для подземных работ применяют ВВ только с кислородным балансом, близким к нулевому ( $\pm 3\%$ ), при взрывании ВВ по максимуму должно быть сокращено образование оксида углерода CO и оксидов азота NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и прочих вредных газов.

Таблица 3.19. Взрывчатые вещества, используемые на действующих рудниках по добыче руд цветных металлов в Республике Казахстан

№ п/п	Наименование структурного подразделения	Взрывчатое вещество (ВВ)	Химический состав, %
1	2	3	4
1	В5	Гранулит А-6	Гранулированная аммиачная селитра (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> содержание азота 34,4 % серы 14 %) до 90 % дизельное масло 4 % и алюминиевый порошок 6 %
2	В6		
3	В7		
4	В8	Гранулит А-6, Игдарин	Гранулированная аммиачная селитра (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> содержание азота 34,4 % серы 14 %) 80 % и водомасляная эмульсия 20–40 % Гранулированная аммиачная селитра (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> содержание азота 34,4 % серы 14 %) 95 % и дизельное топливо 5 %
5	В9	Рioxam; Аммонал	Пористая аммиачная селитра (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> содержание азота 34,4 % серы 14 %) дизельное масло и алюминиевый порошок. Аммиачная селитра (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> содержание азота 34,4 % серы 14 %) 80,5 % , тротил 15 %, алюминиевая пудра 4,5 %
6	В10	МАНФО	Аммиачная селитра (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> содержание азота 34,4 % серы 14 %) 92 % дизельное масло 4 % и

			алюминиевый порошок 4 %
7	B11		Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) до 90 % дизельное масло 4 % и алюминиевый порошок 6 %
8	B12	Гранулит АС-8, Гранулит А6, Аммонит 6ЖВ, Аммонал, Детонит	Аммиачная селитра водоустойчивая ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) водоустойчивая 79 % и тротил 21 %. Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 80,5 % , тротил 15 %, алюминиевая пудра 4,5 % Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 74–78 %, тротил 5-10 %, алюминиевая пудра 5-11 нитроглицерин и нитроглицоль 5-20 %
9	B13	Аммонал	Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 80,5 % , тротил 15 %, алюминиевая пудра 4,5 %
10	D1	Гранулит АС-8	Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) до 90 % дизельное масло 4 % и алюминиевый порошок 6 %
			Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) водоустойчивая 79 % и тротил 21 %. Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 80,5 %

11	D3	Аммонит 6ЖВ, Аммонал, Игданит, Гранулит АС-8	, тротил 15 %, алюминиевая пудра 4,5 % Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) 95 % и дизельное топливо 5 % Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) до 90 % дизельное масло 4 % и алюминиевый порошок 6 %
12	F1	Аммонит, Сенатэл Магнум	Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) водоустойчивая 79 % и тротил 21 %. Пористая аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) дизельное масло и алюминиевый порошок
13	H1	Гранулит АС-8, Гранулит А6	Гранулированная аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ содержание азота 34,4 % серы 14 %) до 90 % дизельное масло 4 % и алюминиевый порошок 6 % и алюминиевый порошок 15 %
14	H2		
15	H3		

Для заряжания на рудниках используют специальные самоходные машины ПМЗШ-2М, ПМЗШ-5К, А64 ANFO, передвижные и переносные пневмозарядчики типа ЗП-12, ЗП-25, как правило, с пневматической подачей взрывчатых веществ [25]. При заряжании взрывчатое вещество засыпается в загрузочную емкость машины, затем поступает в питатель (барабанный, камерный или эжекторный), далее транспортируется сжатым воздухом (от шахтной пневмосети) по гибкому доставочно-зарядному шлангу в скважины или шпуры.

Механическая отбойка применяется в основном при выемке руд и пород низкой крепости, используются самоходные комбайны с шарошечными рабочими органами. Наиболее широкое распространение при разработке цветных руд получило этажное и подэтажное обрушение с отбойкой руды глубокими скважинами.

Интенсивное пыле- и газообразование происходит во время следующих процессов: бурения шпуров и скважин, взрывания и погрузки взорванной горной массы. Однако запыленный воздух, подвергаясь процессу пылеподавления и гидрообеспыливания и проходя по горным выработкам, почти полностью самоочищается. Пылеподавление и очистка забоя скважин от продуктов разрушения и выноса буровой мелочи осуществляется с помощью воздушно-водяной смеси, так как использование воды при пылеподавлении в технологическом процессе БВР самый эффективный и доступный способ снижения загрязнения атмосферного воздуха. Данный метод позволяет снизить объемы пыли неорганической SiO<sub>2</sub> менее 20 % в 5–7 раз. Гидрообеспыливание для сокращения выделения и рассеивания вредных примесей при взрывных работах осуществляется с помощью водяной забойки (гидрозабойки). Гидрозабойка выполняется с использованием полиэтиленовых емкостей, наполненных водой. Применение гидрозабойки позволяет сократить объемы образующейся пыли в пылегазовом облаке в 1,5–2 раза, а объем образующихся окислов азота уменьшается на 20–30 %.

Таблица 3.20. Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА)

№ п/п	Наименование объекта	Валовые выбросы загрязняющих веществ, тонн	
		макс	мин
1	2	3	4
1	В11	155,1631	102,491312
2	Н1	353,8744	282,1069
3	Н3	759,9454	473,62

Из таблицы 3.20 следует, что валовые показатели выбросов пыли при отбойке и дроблении руды в процессе добычи колеблются в пределах от 102,491312 до 759,9454 тонн, такое расхождение в валовых показателях может быть связано с проведением плановых ремонтных работ аспирационных систем, использованием разных систем пылеподавления. Данные по выбросам ЗВ в атмосферный воздух находятся в пределах нормы.

### 3.2.6. Доставка и выпуск руды

Доставка руды – это перемещение руды в пределах добычного блока от места ее отбойки до места погрузки ее в транспортные средства на основном горизонте. Доставка руды во многом обуславливает уровень конечных технико-экономических показателей, степень проявлений горного давления на выработки приемного горизонта, уровень потерь и разубоживания руды особенно при системах разработки с обрушением.

Различают доставку первичную – от забоя до места погрузки или перепуска и вторичную – по аккумулирующим выработкам. Способ доставки руды тесно связан с



системой разработки и выбирается вместе с ней. В основном применяют доставку самотечную и механизированную, ограниченное применение имеют доставка силой взрыва и гидравлическая.

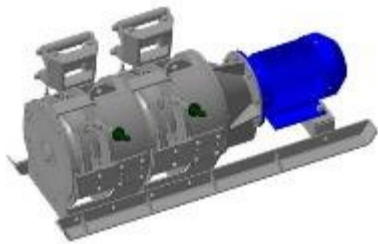
Таблица 3.21. Классификация способов доставки руды

№ п/п	Способы доставки	Особенность
1	2	3
1	1. Самотечная: Непосредственно по очистному пространству 1.2. По рудоспускам	Руда по очистному пространству падает или скатывается к выработкам, через которые ее выпускают из блока
2	Механизированная: Скреперными установками Вибрационными конвейерами и питателями 2.3. Самоходным оборудованием	Руда грузится и транспортируется Самоходное оборудование, которым погружают и транспортируют руду, либо только погружают или только транспортируют
3	Другие виды доставки: Взрывная доставка 3.2. Гидравлическая доставка	Взрывом руда отбивается и отбрасывается по очистному пространству к выпускным выработкам Руду смывают водой. Применяется как вспомогательный способ для зачистки лежачего бока

Самотечную доставку руды под действием собственного веса применяют при отработке крутопадающих залежей крепких руд системами разработки с открытым очистным пространством, с магазинированием руды, наклонными слоями с закладкой выработанного пространства и т. д. Под действием собственного веса руда перемещается по почве выработки, рудоспускам, настилам, желобам, трубам с углом наклона выработки от 35 до 50 °.

Механизированная доставка производится скреперами, конвейерами, самоходными вагонетками, ПДМ. Традиционно на рудниках используют скреперную доставку и вибровыпуск.

Скреперная доставка используется для доставки руды от забоя до рудоспуска или погрузочного люка, а на горизонте скреперования – от рудоспусков до погрузочных полков. Ее достоинства: простота устройства, небольшая стоимость оборудования, мобильность, возможность совмещения доставки с погрузкой, что обуславливает применение на шахтах предприятий D2, H1, H2, H3. Для скреперования применяют лебедки типа ЛС-17, ЛС-30, ЛС- 55 [25].



а - 55ЛС, б – 30ЛС

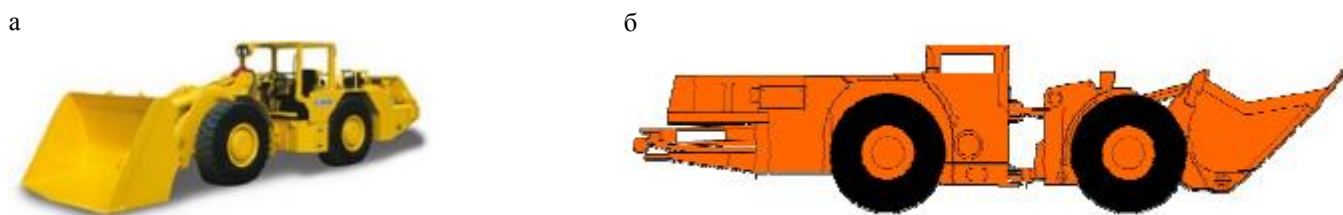
Рисунок 3.16. Внешний вид скреперных лебедок

Таблица 3.22. Общие сведения о типах применяемого оборудования на рудниках и шахтах по добыче руд цветных металлов (включая драгоценные)

№ п/п	Наименование структурного подразделения	Транспорт		
		Рельсовый	Автосамосвалы	Доставка и погрузка горной массы
1	2	3	4	5
1	B5	Электровоз EL-13/03, вагонетки ВГ-10	TORO 50 Plus Plus, MT 5020	ПДМ TORO-0010
2	B6			
3	B7			
4	B8		Cat AD-45, HOWO	ПДМ Sandvik LH 514 (TORO-9), ПМД САТ 1300
5	B9		TORO-40D	Ковшовые погрузчики LK-4, ПДМ Volvo 180C
6	B10		TORO 50 Plus	ПДМ TORO-0011
7	B11		MoA3-75081, TORO 50 Plus	ПДМ TORO-006
8	B13		TORO 50 Plus	ПДМ Sandvik LH 514
9	D1	Электровозы типа 14КР-1, вагонетки типа ВГ-4,0	AD-30	ПДМ САТ R1600G, ППН-3
10	H1	Аккумуляторными электровозами АРП 4,5, АРП5, АМД8, контактными электровозами КР7, КР10, вагонетки ВГ -1,2; ВБ-1,6	Т1601, Paus РМКТ 8000	Скреперные лебедки ЛС-17, ЛС-30, ЛС-55 PFL12, PFL18, TORO 151, ST 7G, ST 2G, Янтай XYVJ -1,5
11	H2			
12	H3			

В настоящее время все большее распространение получает самоходное погрузочное и доставочное оборудование. При добыче руд в основном применяют следующие его виды оборудования: погрузочные машины периодического действия в комплексе с

электровозной откаткой, погрузочные машины непрерывного действия в комплексе с автосамосвалами и самоходными вагонами, погрузочно-транспортные машины, ПДМ в комплексе с автосамосвалами и самоходными вагонами или электровозной откаткой. Применяется такой вид доставки при хорошо раздробленной руде с любым пределом прочности. Достоинства доставки руды самоходным оборудованием: малый объем нарезных работ, хорошая вентиляция, могут работать в нескольких забоях и транспортировать руду по выработкам с малыми радиусами закруглений, высокая производительность самоходного оборудования при хорошем дроблении руды, высокая оперативность в связи с отсутствием монтажно-демонтажных работ доставочного оборудования, требуют меньшего числа обслуживающего персонала.



а - Schopf SFL, б - 65 Т ORO-400

Рисунок 3.17. Внешний вид транспортно-доставочных погрузочных машин

Сущность доставки руды с помощью вибрационных конвейеров и питателей при подземной разработке рудных месторождений состоит в том, что отбитая руда поступает на лоток вибрационного конвейера или питателя, с помощью которого грузится в вагонетки или в рудоспуск. Отличительной особенностью доставки руды является перемещение материала непрерывным потоком с постоянной производительностью, не зависящей от длины транспортирования.

Выпуск руды – это последовательное извлечение отбитой руды из очистного пространства или аккумулирующей емкости под действием силы тяжести.

При системах разработки с подэтажным или этажным обрушением, обрушенную руду из блоков (панелей) выпускают под налегающими пустыми породами, которые движутся вслед за рудой и заполняют выработанное пространство. Отбитую руду выпускают при наличии верхнего и бокового контактов с обрушенными пустыми породами. Выпуск руды из очистного пространства через выработки днищ блоков, оборудованных вибродоставочными установками, производится непосредственно в откаточные сосуды.

Выпуск на почву выработок обычно сопровождается вторичным дроблением руды, которое зачастую осуществляется вблизи забоя в специальных выработках на горизонте доставки (грохочения). Далее производят перепуск руды через рудоспуски на откаточный горизонт и загрузку в подвижной состав через люки, вибропитатели и другие устройства.

Интенсивное пыле- и газообразование происходит во время транспортировки, погрузки и перегрузки сырой руды и породы.

### 3.2.7. Транспортировка и подъем

Подземный транспорт – комплекс сооружений и устройств, предназначенный для приема и перемещения различных грузов и людей. В задачи шахтного транспорта входит формирование и реализация встречных грузопотоков. Основная цель – транспортирование руды и породы от пунктов выгрузки из очистных блоков, проходческих забоев до перегрузочных комплексов, околоствольных дворов и рудничного подъема. Кроме того, транспорт осуществляет функцию своевременного и бесперебойного снабжения добычных участков материалами, инструментом, оборудованием и при необходимости для перевозки людей к месту работы и обратно.

На рудниках, добывающих руды цветных и драгоценных металлов, используют:

- рельсовый транспорт (аккумуляторные электровозы и контактные электровозы, рудничные вагонетки ВГ, ВБ);
- самоходное оборудование на пневмошинном ходу (ПДМ фирмы Sandvik, Cat);
- конвейерную доставку.

В настоящее время наибольшее распространение находит рельсовый транспорт. Локомотивный транспорт – контактные электровозы, вагонетки с глухим днищем, боковой и донной разгрузкой, саморазгружающиеся сосуды. Большое разнообразие вспомогательных механизмов: опрокидыватели вагонеток, лебедки, толкатели, различное путевое оборудование и т. д. Успешная работа большого числа локомотивов обеспечивается автоматизацией процессов откатки. Она включает сигнализацию, централизацию и блокировку (СЦБ), дистанционное управление локомотивами и диспетчерскую службу.

Безрельсовое транспортирование с использованием самоходного оборудования применяется редко. Основной вид транспорта – автосамосвалы высокой грузоподъемности.

Ленточные конвейеры применяют только для транспортирования руды, прошедшей стадию дробления в подземных комплексах дробления.

Подъем и подземный транспорт – это звенья одной транспортной системы. По типу оборудования рудничный подъем разделяют на клетевой, скиповой, конвейерный, автомобильный, а по назначению – на главный (для выдачи руды) и вспомогательный. Для вспомогательного подъема по вертикальным стволам используют то же оборудование, что и для главного. Его назначение заключается в выдаче на поверхность породы (вагонами в клетях или скипами), спуске-подъеме людей (в клетях), спуске в шахту материалов, инструментов (в клетях), спуске рабочего и подъеме неисправного оборудования (малогабаритное – в клетях, крупногабаритное – на подвеске под клетями, целиком или частями, или на специальных грузовых платформах в неразобранном виде по отдельным стволам).

На рудниках при значительной глубине разработки используют скиповой подъем руды. Высокая производительность скипов объясняется их большей вместимостью (до

50 тонн), скоростью движения (до 20 м/с и более, тогда как клетки движутся со скоростью не более 8 м/с), а также полной автоматизацией погрузочно-разгрузочных операций и подъема – спуска скипов.

Конвейерный подъем эффективно применять на сравнительно неглубоких рудниках (до 400–600 м) большой производительности (свыше 4–5 млн тонн/год), а также с меньшей производительностью при доработке глубоких горизонтов для подъема руды на вышележащий комплекс загрузки скипов. Как правило, применяют мощные ленточные конвейеры. Для использования конвейерного подъема необходимо сравнительно мелкое дробление руды на куски размерами не более 0,1–0,15 м. Угол наклона ствола не должен превышать 16–18 °.

Автомобильный подъем руды применяется в единичных случаях. Угол наклона автомобильных уклонов, съездов, стволов составляет 6–8 ° [16].

### 3.2.8. Поддержание выработанного пространства

Поддержание очистного пространства – комплекс рабочих процессов направленных на предупреждение проявлений горного давления в очистных выработках с целью обеспечения безопасных условий труда. Управление горным давлением в очистных выработках при подземной разработке рудных месторождений сводится к поддержанию очистного пространства.

В горной практике на зарубежных и отечественных предприятиях по добыче цветных металлов имеют место технологические схемы отработки месторождений, использующие способы управления состоянием горного массива и поддержание его в устойчивом состоянии за счет оставления рудных целиков и замены рудного массива искусственным (системы с закладкой).

При очистной выемке руды способы поддержания очистного пространства делятся на три класса, представленные в таблице 3.23 [27].

Таблица 3.23. Способы поддержания очистного пространства

№ п/п	Класс	Поддержание очистного пространства	Способ поддержания очистного пространства
1	2	3	4
1	I	Естественное	Рудными целиками
			Породными целиками
2	II	Искусственное	Магазинированием руды
			Крепью
			Закладкой
3	III	Обрушением	Обрушение вмещающих пород
			Обрушение руды и вмещающих пород

Естественное поддержание очистного пространства осуществляется за счет естественной устойчивости налегающих пород, рудных или породных целиков. Горное

давление при этом регулируется за счет определения параметров очистного пространства (камеры), расположения и размеров целиков. Поддержание целиками применяется как самостоятельный способ поддержания, так и в комбинации с креплением, закладкой пустот и магазинированием руды. Целики подразделяют на охранные, междуэтажные, междублоковые и внутрикамерные. Например, отработка жил на предприятиях Н производится с распорной крепью и оставлением регулярных или нерегулярных рудных целиков, которые затем обрабатываются по спец проекту в отступающем порядке [27].

Искусственное поддержание очистного пространства осуществляется с помощью магазинирования руды, крепления или закладки очистного пространства. Искусственное поддержание – наиболее трудоемкий и дорогостоящий технологический процесс поддержания очистного пространства. Этот способ поддержания целесообразен тогда, когда другие способы не обеспечивают достаточно полной выемки руд или технически неприемлемы.

Поддержание магазинированной рудой – это временное накопление отбитой рудной массы в очистном пространстве. Поддержание боков очистного пространства происходит за счет самораспора отбитой руды под действием массы сыпучего материала. Ограничивающий фактор применения магазинирования является склонность руды к слеживанию и самовозгоранию. Поддержание рудой осуществляется при разработке крутых и наклонных рудных тел в устойчивых породах.

Поддержание крепью в чистом виде применяется при отработке маломощных залежей. При разработке залежей больше средней мощности и необходимости поддержания очистного пространства после выемки руды ее применяют с закладкой. Поддерживают крепью лишь рабочее пространство у забоя.

Закладка пустот – заполнение их закладочным материалом: пустой породой, хвостами обогатительных фабрик, твердеющими смесями и т. п. Способ используется в подземной разработке металлических руд при необходимости сохранять земную поверхность от разрушения или минимизировать влияние горных работ на важные объекты. Это особенно важно из-за наличия водоносных горизонтов, водоемов или крупных сооружений на поверхности и пр.

Закладочным материалом чаще всего являются попутно или специально добываемые породы, хвосты обогатительных фабрик. По признаку заполнения выработанного пространства закладка может быть полной или частичной. Чаще всего используют:

твердеющую гидравлическую закладку;

закладочный материал включает вяжущие вещества, в результате твердения закладки образуется монолитный массив значительной устойчивости и прочности;

сухую закладку – закладочный материал не содержит воды сверхъестественной влажности.

Расходы на добычу закладочного материала, его подготовку, транспортировку и размещение в очистных выработках в большинстве случаев значительны, однако этот способ обеспечивает безопасность работ, радикальное снижение потерь полезного ископаемого, а также препятствует деформации перекрывающих пород и земной поверхности.

Система с бетонной и породной закладкой выработанного пространства применяется на предприятии ДЗ. Для приготовления твердеющей закладочной смеси применяют вяжущие материалы: строительный цемент, доменный гранулированный шлак молотый. В качестве инертного заполнителя применяют следующие материалы: отвальные (лежалые) хвосты обогащения из хвостохранилищ, измельченную легкую фракцию цеха дробления и обогащения рудника, измельченную горную породу, золошлаковые отходы тепловых электростанций и котельных, шламы цеха дробления и обогащения рудника, шламы станции нейтрализации (очистных сооружений шахтных вод) рудника, шлаки МК объекта Д. Все составы твердеющей закладочной смеси классифицируются в зависимости от вида, вяжущего по группам и внутри групп в зависимости от прочностных показателей – по маркам. По технологической возможности и наличию материалов на закладочном комплексе определяется группа составов закладки. При проведении породной закладки выработанные пространства закладываются горной породой и закладочной бетонной смесью с БЗК до необходимых отметок.

В заключительной стадии выемки запасов очистные выработки погашают или приводят в такое состояние, в котором они будут находиться в течение неопределенно долгого времени.

### **3.2.9. Обращение с пустыми породами**

На земную поверхность извлекают не только полезное ископаемое, но и пустые породы и некондиционную руду. Удельный расход выработок на 1000 тонн руды достигает: горно-подготовительных выработок 2–6 м<sup>3</sup>, нарезных 8–14 м<sup>3</sup> [19]. Пустые породы выдают на поверхность и складывают в отвалы.

Часть пустой породы с проходки горных выработок может использоваться в качестве сухой или бутобетонной закладки отработанных камер при системах разработки с закладкой выработанного пространства. Также пустую породу используют для производства заполнителя при изготовлении закладочной смеси на дробильно-сортировочных установках.

Руды, не отвечающие в настоящее время кондициям, и не используемые попутные полезные ископаемые укладываются в отдельные отвалы.

Хранение пород влияет на экосистемы окружающей среды. Масштабы и значение этих воздействий зависят от объемов горнодобывающей деятельности в сочетании с топографией и климатическими условиями района, особенностями залегания





1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Подземная добыча руд цветных металлов							
1.1	B6							
1.1.1	Отходы из шахт и карьеров минерального сырья, не содержащего металлы, включая вскрышные породы	470000	470000	470000	470000	0	0	Вмещающая порода образуется при проведении горнокапитальных и горнопроходческих работ. В соответствии с технологией вскрытия и отработки запасов образующаяся в период добычных работ вмещающая порода размещается в пустотах методом закладки, без выдачи на поверхность (п/п 1 п. 7 Типового перечня мероприятий по охране окружающей среды, от 12.06.2013 г. №162-п)
1.1.2	Вспомогательные процессы	1042,057	834,471		470000	0	0	Передача сторонним организациям

1.2	В11							
1.2.1	Отходы из шахт и карьеров металлосо держащего минерального сырья, включая вскрышные породы	276889,4	246356	0	0	276889,4	246356	Породный отвал
1.3	Н1							
1.3.1	Отходы из шахт и карьеров минерального сырья, не содержащего металлы, включая вскрышные породы	128347	75186	29083	11432	128347	75186	Породные отвалы
1.3.2	Вспомогательные процессы	82	70	0	0	0	0	
1.4	Н3							
1.4.1	Отходы из шахт и карьеров минерального сырья, не содержащего металлы, включая вскрышные породы	3717438	6815	2637518	195875	10675260	3509470	
1.4.2	Вспомогательные процессы	44,508	43,68	0	0	0	0	Передача сторонним организациям
1.5	Н2							
	Отходы из шахт и карьеров минерального сырья, не							

1.5.1	содержащие го металлы, включая вскрышные породы	125173	21699	39960	4207	125173	21699	Породные отвалы шахт
1.5.2	Вспомогательные процессы	60,784	48,36	0	0	0	0	Передача сторонним организациям

В таблице 3.24 представлены данные по отходам производства при подземной добыче руд цветных металлов. В таблице показаны показатели по фактическим данным образования и размещения отходов.

### 3.2.10. Шахтный водоотлив

Шахтный водоотлив предназначен для откачки воды из горных выработок шахты. Главный рудничный водоотлив осуществляет откачку общешахтного притока воды посредством подъема воды по трубам на поверхность, участковый водоотлив – перекачку воды из отдельных участков шахты к водосборникам главного водоотлива (реже – непосредственно на поверхность земли). Схема водоотлива определяется проектом в зависимости от способа вскрытия, порядка разработки и гидрогеологических условий месторождения. Большинство рудных шахт имеют значительные глубины, на них применяется ступенчатый водоотлив, когда из нижних горизонтов вода перекачивается в промежуточные водосборники вышележащих горизонтов и затем на поверхность.

В систему шахтного водоотлива входят: водоотводные канавки, водосборники, насосные станции с водозаборными колодцами и водоотливными установками, с всасывающими и нагнетательными трубопроводами. В стволах оборудуются зумпфовые водоотливы, перекачивающие воду в шахтную водоотливную сеть. Шахтные водосборники и насосные камеры располагают с учетом схем вскрытия и других горно-геологических и горнотехнических условий. Для главного водоотлива на шахтах применяются в основном центробежные многоступенчатые секционные насосы в горизонтальном исполнении, допускающие содержание механических примесей в воде (частицы до 0,1–0,2 мм) до 0,1 %–0,2 %. Количество насосов строго регламентируется.

Для подачи воды на поверхность в стволе шахты прокладываются несколько ставов нагнетательных труб – рабочие и резервные. Водоотливные установки оборудуются аппаратурой автоматизации, контроля и защиты. Аппаратура автоматизации обеспечивает автоматическую заливку, пуск и остановку насосов в зависимости от уровня воды в водосборнике, поочередную работу насосов, автоматическое включение

резервных насосов при аварийном подъеме уровня воды в водосборнике и неисправности работающего насоса, дистанционный контроль и сигнализацию об уровне воды в водосборнике.



Рисунок 3.18. Насосная камера шахтного водоотлива

По результатам проведения КТА для предприятий, осуществляющих добычу цветных руд, включая драгоценные, были проанализированы данные по загрязняющим (маркерным) веществам в сточных водах.

Все предприятия с подземной добычей руд цветных металлов обязаны осуществлять очистку шахтных и сточных вод при сбросе на рельеф местности или в водные объекты. В случае сброса сточных вод в пруд-накопитель в системе оборотного (замкнутого) водоснабжения должны соблюдаться условия, применяемые к гидротехническим сооружениям.

В качестве примеров приведены и описаны технологические схемы водоотведения и водоотлива на действующих подземных предприятиях по добыче цветных руд. Шахтный водоотлив объекта В5 обеспечивается работой насосных станций, где установлены электронасосы ЦНС-300. Шахтные воды со всех уровней заходят на нижний продольный штрек, перпендикулярно ему устроены водосборники. Водосборники необходимы для сбора воды и отложения твердых частиц. Осветленная вода подается в бассейн оборотной воды, с него она распределяется на повторное использование и в пруд-испаритель. На шахтах действуют системы оборотного водоснабжения. У стволов шахт объекта В5 построены отстойники, через которые часть (до 30 – 35 %), поднятая главными водоотливами шахтной воды, возвращается в

шахты самотеком для использования на технологические нужды (главным образом, для повторного использования для мокрого бурения и орошения пород). Кроме использования на бурение и орошение, часть шахтной воды используется в системе гидрозолошлакоудаления котельной. Сточная шахтная вода отводится в пруд-испаритель. Очистных сооружений шахтных сточных вод на предприятии не предусмотрено, происходит только предварительное отстаивание твердых частиц в водосборниках, установленных на нижних горизонтах шахт. Пруд-испаритель является накопителем замкнутого типа, то есть, нет водозаборов воды на орошение, не осуществляется сброс из накопителя в реки и другие природные объекты.

С целью эффективной работы пруда-испарителя на предприятии были реализованы природоохранные мероприятия: противофильтрационная защита пруда, устройство наслойного дренажа по пикетам, строительство скважин вертикального дренажа.

Основным источником сточных вод на руднике В9 являются шахтные выработки, из них шахтные воды откачиваются на поверхность и направляются в пруд-испаритель. В районе месторождения поверхностные водоемы отсутствуют, поэтому безвозвратное изъятие поверхностного стока и сброс хозяйственно-бытовых и производственных (шахтных) сточных вод в водные объекты не производится. Шахтные воды собираются в отстойнике на панели, в котором происходит механическая очистка сточных вод, то есть предварительное освобождение (отстаивание) сточных вод от взвешенных веществ и органических веществ. Часть осветленной шахтной воды используется на производственные нужды (с помощью МоАЗ Миксера – на орошение дорог и забоев шахты). Оставшаяся часть после механической очистки, откачивается на поверхность насосом ЦНС 300/600 и сбрасывается по трубопроводу в пруд-испаритель.

На месторождении В10 в процессе эксплуатации образуются шахтные сточные воды. Попутно-добычные шахтные воды используются для производственно-технических нужд в шахте, а также на полив отвалов и автодорог. После использования вся скопившаяся вода в шахтных стволах перекачивается в пруд испаритель хвостохранилища обогатительной фабрики. На производственном объекте присутствует водооборотная система пункта мойки колес машин.

Шахтные сточные воды рудника В12 образуются за счет шахтного водопритока. Для откачки притока воды, поступающей в выработки шахты, на основных горизонтах имеются водоотливные установки. В ходе откачки воды из горных выработок на поверхность шахтные воды проходят предварительную очистку и осветление в зумпфе и накопителях-отстойниках, после чего используются на технологические нужды рудника. Использование шахтных вод может производиться на любом этапе, как в шахте, так и на поверхности, в зависимости от технологических нужд предприятия. Невостребованный объем очищенных шахтных вод отводится на рельеф местности. Очистные сооружения сточных вод на руднике отсутствуют.

В процессе многолетней подземной отработки месторождения D3 в результате осушения горного массива (шахтный водоотлив) естественный уровень воды был понижен до 100 и более метров с образованием депрессионной воронки, которая захватывает всю основную площадку рудника. Водоотлив месторождения осуществляется пятью насосными станциями главного водоотлива, расположенными у ствола на 1, 2, 3, 4 и штольневом горизонтах. Вода из водосборников 1 горизонта по двум ставам напорного трубопровода, проложенным в скважинах, перекачивается в водосборники 2 горизонта. Насосные станции у ствола 2, 3 горизонтов напрямую выдают шахтную воду по отдельным трубопроводам, проложенным в стволе, на горизонт штольни "М", далее шахтная вода самотеком поступает в водосборники насосной станции штольневого горизонта, откуда откачивается на очистные сооружения. Дополнительно на очистные сооружения шахтных вод объекта D3 отводятся шахтные воды рудника D5.

Технологическая схема шахтного водоотлива объекта D1 представляет собой схему из 2-х очередей. Водоотлив I очереди. Шахтная вода откачивается из зумпфа скипового ствола двумя насосами ЦНС 38–220 и двумя трубопроводами подается на вышележащий горизонт в перекачную насосную клетового ствола. Из перекачной насосной вода двумя насосами ЦНС 38–220 отправляется на горизонт, откуда по канавкам попадает в илоотстойник насосной главного водоотлива. Вода из водосборника насосной главного водоотлива попадает в коллектор, откуда насосами ЦНС 300–780 двумя трубопроводами  $\varnothing$  325 мм по клетовому стволу подается на поверхность. Водоотлив II очереди. Вода из зумпфа скипового ствола откачивается насосами ЦНС 38–44 по восстающему. Далее по горизонтальным выработкам по канавкам вода попадает в илоотстойник насосной главного водоотлива. Прогнозируемый водоприток зумпфового водоотлива  $18,5 \text{ м}^3/\text{час}$ . Вода из насосного главного водоотлива двумя насосами ЦНС 300–420 по двум трубопроводам  $\varnothing$  325 мм через вент восстающий по трубному ходу подается в ствол и затем в водосборник главного водоотлива. Откуда насосами ЦНС 300–780 через вент восстающий и трубный ходок по стволу подается на поверхность.

Производственная деятельность всех подразделений предприятия Н связана как с образованием сточных производственных вод, так и с забором свежей воды для проведения технологических операций. На всех рудниках организован шахтный водоотлив, который частично используется для пополнения нужд обогатительных и золотоизвлекательных фабрик при рудниках. Только на руднике Н2 часть шахтных вод сбрасывается в пруд-накопитель через три водовыпуска. В таблице приведены данные по объемам и химическому составу сбрасываемых вод. На рудниках Н1 и Н3 сброс шахтных вод отсутствует – вся вода шахтного водоотлива используется для технологических нужд процессов переработки золотосодержащей руды.

На предприятии П1 осушение подземных выработок месторождения осуществляется независимыми водоотливными установками для рудных зон 1– 3, 2 и 4. Шахтная вода площадки рудных зон 1-3 и 2 перекачивается в карьер–накопитель, в дальнейшем используется на заводе. Предприятие имеет два выпуска сточных вод: выпуск №1 - шахтные воды с рудной зоны № 1–3,2, сбрасываемые в карьер-накопитель. В дальнейшем весь объем сбрасываемой в карьер-накопитель воды используется на технологические нужды комплекса обогащения и металлургии. Выпуск №2 – очищенные механическим и биологическим методом хозяйственно-бытовые сточные воды от канализованных объектов предприятия, сбрасываемые на поля фильтрации.

Таблица 3.25. Валовые сбросы основных загрязняющих веществ при добыче руд цветных металлов (по данным КТА)

№ п/п	Наименование вещества	Концентрация ЗВ, мг/дм <sup>3</sup>		сброс ЗВ, т/год	
		макс.	мин.	макс.	мин.
1	2	3	4	5	6
1	Подземная добыча руд цветных металлов				
1.1	В6				
	Барий	0,0231	0,021	0,236181	0,0221
	Бериллий	0,0001	0,0001	0,001022	0,000116
	Бор	0,93	0,6	9,508599	0,294665
	БПК5	5,1909	4,03	53,073319	4,544144
	Взвешенные вещества	71,2	56,4	727,97016	441,68976
	Железо общее	0,1033	0,0983	1,05617	0,110876
	Кадмий	0,001	0,0008	0,010224	0,000828
	Медь	0,0687	0,0614	0,702409	0,069407
	Нефтепродукты	0,1	0,09	1,02243	0,103557
	Нитраты (по NO3)	43,2	42	441,68976	47,987364
	Сульфаты (по SO4)	2738	2530	27994,1334	2897,78952
	Марганец	1,55	0,965	15,847665	1,075632
	Свинец	0,01	0,009	0,102243	0,00962
	Хлорид (по Cl)	6615,25	4852	67636,3005	67636,30058
1.2	В7				
1.2.1	Барий	0,0231	0,021	0,236181	0,068141
1.2.2	Бериллий	0,0001	0,0001	0,001022	0,000357
1.2.3	Бор	0,93	0,6	9,508599	0,908549
1.2.4	БПК полное	5,1909	4,03	53,073319	14,011112
1.2.5	Взвешенные вещества	71,2	56,4	727,97016	195,241008

1.2.6	Железо общее	0,1033	0,0983	1,05617	0,341867
1.2.7	Кадмий	0,001	0,0008	0,010224	0,002554
1.2.8	Медь	0,0687	0,0614	0,702409	0,214006
1.2.9	Нефтепродукты	0,1	0,09	1,02243	0,319301
1.2.10	Нитраты (по NO3)	43,2	42	441,68976	147,961039
1.2.11	Сульфаты (по SO4)	2738	2530	27994,1334	8934,85102
1.2.12	Марганец	1,55	0,965	15,847665	3,316531
1.2.13	Свинец	0,01	0,009	0,102243	0,029661
1.2.14	Хлорид (по Cl)	6615,25	4852	67636,30058	17200,78126
1.3	B9				
	А з о т аммонийный	7,913	6,797	10,224359	7,803962
	БПК полное	5,417	4,124	6,326846	3,946851
	Взвешенные вещества	130,82	99,86	67,35536	44,121149
	Медь	0,005	0,0045	0,00704	0,005655
	Нефтепродукты	0,15	0,134	0,16314	0,122942
	Нитраты (по NO3)	4,78	4,38	5,02144	4,027878
	Нитриты (по NO2);	3,668	3,478	4,993664	4,104665
	СПАВ	0,36	0,36	0,02628	0,025034
	Сульфаты (по SO4)	2510,2	2063,2	3363,2146	2380,457708
	Фосфаты	0,686	0,686	0,050078	0,047704
	Хлорид (по Cl)	2999,2	2781,2	3908,8816	3107,631048
	Цинк	0,02	0,014	0,02816	0,015099
1.4	B11				
	А з о т аммонийный	2	1,94	1,3666	0,767
	Алюминий	0,028	0,024	0,0191	0,009658
	Барий	0,03	0,025	0,0205	0,010303
	Бор	0,034	0,03	0,0232	0,011242
	БПК5	6	5,85	4,0997	2,373658
	Взвешенные вещества	64,48	64,1	44,0579	27,06559
	Кадмий	0,001	0,0008	0,0007	0,000335
	Кобальт	0,013	0,01	0,0089	0,004358
	Литий	0,0062	0,0057	0,0042	0,002379
	Медь	0,12	0,01	0,082	0,041592
	Натрий	36,7	35,3	25,0764	13,216694
	Нефтепродукты	0,1	0,09	0,0683	0,037699



	Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	45	44	30,7476	18,09145
	Нитриты (по NO <sub>2</sub> );	1,676	1,57	1,1452	0,665945
	Сульфаты (по SO <sub>4</sub> )	1249,31	1240	853,6285	522,89726
	Железо общее	0,151	0,14	0,1032	0,058418
	Марганец	0,432	0,41	0,2952	0,173315
	Свинец	0,02	0,017	0,0137	0,00701
	Стронций	0,224	0,163	0,1531	0,074849
	Хлорид (по Cl)	463,78	460	316,8916	188,475644
	Цинк	0,262	0,23	0,179	0,096621
1.5	H <sub>2</sub>				
	БКК5	13,65	7,167	11,635	4,093
	Взвешенные вещества	1595,55	196,8	1142,979	151,44
	Калий О-(2-метилпропил) дитиокарбонат	134,59	110,65	111,514	71,206
	Кальций фосфат (2:1) (по PO <sub>4</sub> )	855,7	402,5	705,21	358,516
	Магний хлорат	800	146,5	684,098	124,108
	Медь	1,22	0,011	1,225	0,0057
	Молибден	0,43	0,204	0,423	0,0747
	Мышьяк	2,266	0,016	2,122	0,0082
	Натрий	1077,97	389,41	898,962	389,081
	Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	105	32,716	87,047	18,5538
	Сульфаты (по SO <sub>4</sub> )	2765,2	1343,953	1573,6	1131,469
	Железо общее	30,235	0,061	28,177	12,602
	Фториды	2,68	1,743	2,573	0,5298
	Хлорид (по Cl)	2566,244	1588,6	2172,601	1094,899
	ХПК	30	28,1	39,4	24,6
	Цинк	5,34	0,537	5,2285	0,238

Данные по концентрациям, валовым сбросам наиболее характерных загрязняющих веществ по предприятиям приведены в таблице 3.25. Виды и концентрация загрязняющих веществ зависят от состава сырья и применяемых технологических реагентов, а также от качества очистки сточных вод.

### 3.2.11. Рудничная вентиляция

Рудничная вентиляция или проветривание шахт применяется для создания в подземных выработках нормальных атмосферных условий, исключая вредное воздействие на человека ядовитых газов, высоких и низких температур. Основной

принцип организации проветривания горных выработок шахты (рудника) – создание сквозной вентиляционной струи за счет общешахтной депрессии и пропуска этой струи через последовательно соединенные выработки. Используется нагнетательный, всасывающий или нагнетательно-всасывающий способ вентиляции и специальный порядок распределения и движения воздуха по выработкам. Воздух подают в шахту по одним выработкам, а отводят на поверхность по другим. Свежий воздух по выработкам распределяют в соответствии с потребностью с помощью вентиляционных устройств: автоматических вентиляционных дверей, шлюзов и перемычек.

Источником движения воздуха в горных выработках являются шахтные вентиляторы главного и местного проветривания. Наибольшее распространение имеет проветривание горных выработок вентиляторами местного проветривания в сочетании с вентиляционными трубами. Вентиляторы местного проветривания применяются на шахтах и рудниках для подачи воздуха в забой тупиковых горных выработок. В качестве вентиляторов местного проветривания на рудниках и шахтах Казахстана преимущественно используются высоконапорные осевые вентиляторы фирмы "Korfmann" (GAL 12–450/450, GAL14-900/900, ESN 9–300) с электроприводом (ВМЭ) или пневмоприводом (ВМП) и в отдельных случаях центробежные вентиляторы типа ВЦ.



а – ВМЭ-6, б - GAL 12–450/450, в - ESN 9–300

Рисунок 3.19. Типы применяемых вентиляторов местного проветривания на рудниках и шахтах РК

Вентиляторы главного проветривания для шахт и рудников предназначены для обслуживания вентиляционной сети всей шахты целиком или большей ее части. Такие установки призваны обеспечивать подачу в шахту необходимого количества воздуха. Используются центробежные вентиляторы типа ВЦ и осевые вентиляторы типа ВОД. На шахтах предприятия В используются центробежные вентиляторы типа ВЦД-31,5, осевые вентиляторы типа AVH180.200.4.10/50Hz.

Широко применяется частотное регулирование приводных электродвигателей. ГВУ снабжаются системой дистанционного управления приводом вентилятора и контроля параметров работы с пульта горного диспетчера шахты. ГВУ оборудуют системой реверсирования вентиляционной струи. При работе вентиляторов на нагнетание в ГВУ дополнительно устраивается калориферная установка для подогрева воздуха в зимнее

время. По типу теплоносителя калориферные установки могут быть с прямым нагревом воздуха с использованием природного газа, электрическими, паровыми или водяными.

При прохождении по подземным выработкам вентиляционной струи к рудничному воздуху примешиваются пыль, различные газы, появляющиеся вследствие производства взрывов, работы дизельных машин, гниения деревянной крепи и т. д. Основная мера борьбы с примесями вредных газов – разбавление их свежим воздухом до предельно допустимых концентраций, например, газообразных продуктов взрыва ВВ, выхлопных газов, работающих в выработках машин с ДВС. Все машины с дизельными ДВС должны быть оборудованы двухступенчатой системой очистки выхлопных газов (каталитической и жидкостной) [16].

Для эффективного выноса пыли из забоя скорость воздуха должна быть не менее расчетной, кроме того, для борьбы с запыленностью шахтного воздуха применяют специальный комплекс мер, среди которых наиболее распространено гидрообеспыливание. Пылеподавление у источников образования осуществляется с помощью воздушно-водяной смеси и с помощью водяной забойки (гидрозабойки скважин и шпуров).

При подземной добыче руды основными загрязнителями являются газопылевые выбросы в атмосферу – смесь атмосферного воздуха с различными газообразными и пылевыми примесями, выделяющимися при производстве БВР, очистной выемки и пр. В периоды проведения массовых взрывов концентрация газопылевых примесей в исходящей струе многократно возрастает.

### **3.3. Комбинированный способ добычи руд цветных металлов (включая драгоценные)**

Комбинированный способ добычи руд цветных металлов (включая драгоценные) представлен совокупностью физико-технических и физико-химических технологий в различных сочетаниях открытых и подземных работ. Обязательным условием обеспечения эффективного применения комбинированного способа – формирование единой схемы вскрытия и подготовки запасов на весь период эксплуатации месторождения при временной и пространственной увязке различных технологий в едином проекте освоения запасов [28].

Комбинированная разработка при рациональном сочетании и определенных технологических решениях по открытым и подземным горным работам может обеспечить заметное смягчение общих негативных последствий горного производства на окружающую природную среду. Одно из условий этого – максимально возможное совмещение производственных объектов карьера, рудника и смежных производств.

### **3.4. Обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)**

Только небольшая часть полезных ископаемых пригодна для непосредственной переработки металлургическими, химическими или другими методами. Большая же часть их в естественном виде не может быть использована для этих целей, так как не удовлетворяет требованиям последующих технологической переработки. Руды

цветных металлов подвергаются обогащению. Основными задачами, возникающими при обогащении, являются отделение полезных минералов от пустой породы и вредных примесей, и разделение полезных компонентов на ряд продуктов, наиболее пригодных для дальнейшей переработки.

Металлургическое производство в настоящее время предъявляет очень высокие требования к рудам в отношении содержания в них основных металлов и примесей. Вместе с тем руды, которые могли бы удовлетворять этим требованиям, встречаются редко и количество их не может обеспечить современной потребности в металлах. Поэтому большая часть минерального сырья предварительно подвергается обогащению, так как в естественном виде руды не соответствуют этим требованиям. Обогащение полезных ископаемых – это совокупность процессов первичной (механической) обработки минерального сырья, имеющих целью отделение всех полезных минералов (концентрата) от пустой породы.

Руды цветных металлов характеризуются бедным содержанием ценных компонентов, поэтому возникает необходимость повысить качество добываемых руд по содержанию в них металлов и вредных примесей.

Необходимость повышения содержания основных металлов в рудах иллюстрируется данными таблицы 3.26, в которой сравнивается процентное содержание некоторых металлов в добываемых рудах и содержание металлов, требуемое для металлургического передела.

Таблица 3.26. Содержание металлов в руде и концентратах, требуемое для металлургического передела

№ п/п	Наименование металла	Содержание в руде, %	Содержание в концентрате для металлургии, %
1	2	3	4
1	Медь	0,4-1,5	20-35
2	Цинк	3-5	50-60
3	Свинец	2-4	50-60
4	Молибден	0,2-0,5	50-60
5	Золото, г/т	0,4-3	>600

Содержание металлов в сырье, поступающем на металлургическую переработку, должно в десятки и сотни раз превышать содержание металлов в добываемых рудах. В ряде случаев руды могут перерабатываться при содержании металлов более низком, чем это указано, в этой связи резко снижаются технические и экономические показатели.

Технологические этапы при обогащении полезных ископаемых остаются неизменными уже в течение длительного времени несмотря на то, что техники и технологии активно развиваются.



Рисунок 3.20. Схема технологического этапа переработки руд

Добываемая руда транспортируется на обогатительную фабрику в цех дробления или открытый склад руды.

Первый этап – это рудоподготовка, включающая дробление и грохочение, измельчение и классификацию, направленная на получение требуемой крупности в целях разрушения плотного монолитного полезного ископаемого (руды) и раскрытия минералов полезных компонентов и минералов пустой породы.

Обогащение – основные процессы, обеспечивающие увеличение содержания ценных компонентов путем сепарации измельченной руды физико-механическими и физико-химическими методами на продукты, обогащенные ценными компонентами – концентраты и обедненные ими – хвосты.

Обезвоживание и складирование продуктов обогащения – это вспомогательные процессы, обеспечивающие получение концентратов в виде товарных продуктов и хвостов в виде продукта, пригодного для складирования и хранения.

Транспортировка сырья по технологическим операциям: доставка добытой руды на обогатительную фабрику, буферное накопление руд (с возможным усреднением), загрузка аппаратов исходным питанием с заданной производительностью, предназначенные для продвижения всего процесса обогащения вперед с минимальными нарушениями производительности и потерь потока сырья (пыль, просыпи, переливы).

Доставку добытой руды осуществляют железнодорожным способом или автотранспортом, а также системой конвейеров. Погрузка и разгрузка грузового транспорта, питание дробильного оборудования являются основными источниками пылеобразования на фабрике.

При обогащении руд цветных металлов на предприятиях могут использоваться следующие энергетические ресурсы: электрическая энергия, котельно-печное топливо, тепловая энергия, водные ресурсы.

В виду того, что на предприятиях в большей степени не налажен отдельный учет потребляемых энергетических ресурсов по технологическим переделам были рассмотрены укрупненные показатели потребления ТЭР и удельных расходов на производимую продукцию.

В таблице 3.27 представлены текущие объемы потребления энергетических ресурсов, применяемых при обогащении руд цветных металлов (включая драгоценные)

В качестве удельных расходов потребления ресурсов определено потребление ресурсов на тонну произведенной продукции (кг произведенной продукции для драгоценных металлов).

Таблица 3.27. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов

№ п/п	Наименование объекта	Потребляемый ресурс	Целевое назначение использования	Годовое потребление, т у. т	Удельное потребление, т у.т./т т у.т./кг*
1	2	3	4	5	6
	B14	Электрическая энергия	Обогащение	84 290,142	0,00383 – 0,00408
	B15			13 859,640	0,45357 – 0,46501
	B16			8 458,459	0,02504 – 0,06250
	B17			25 779,279	0,09318 – 0,15509
	C3			87 364,563	0,15899 – 0,30649
	C5			10 862,096	0,02352 – 0,05095
	C6			17 602,075	0,20097 – 0,24492
	D6 – D7			2 160,889	0,00180 – 0,00270
	D8			17 052,502	0,03727 – 0,04893
	D9			33 068,550	0,13019 – 0,20539
	E3			15 977,177	*3,30859 – 6,83369
	E4			9 494,690	*0,59704 – 1,83331

	F3		2 571,505	*1,07146 1,77468	–
	G2		53 054,193	*3,71372 4,46396	–
	H4		1 546,346	*1,06866 1,09670	–
	H5		3 081,355	*3,22993 3,40858	–
	H6		3 451,489	*3,34447 3,45841	–
	D8	Тепловая энергия	14 524,138	0,03175 0,04167	–
	D9		20 148,414	0,07932 0,12515	–

Основным энергетическим ресурсом, потребляемым предприятиями обогащения, является электрическая энергия.

Из представленной таблицы видно, что удельный расход электрической энергии (цветные металлы) на продукцию (концентрат) может варьироваться в пределах от 0,00180 до 0,46501 т у.т. на тонну продукции (концентрата). Такое расхождение в удельных расходах связано с применяемыми методами обогащения, а также с начальной концентрацией полезных ископаемых в перерабатываемой руде.

Удельный расход электрической энергии (драгоценные металлы) на продукцию (концентрат) может варьироваться в пределах от 0,59704 до 6,83369 т у.т. на кг продукции (концентрата). Такое расхождение в удельных расходах связано с применяемыми методами обогащения, а также с начальной концентрацией драгоценных металлов в перерабатываемой руде.

#### **3.4.1. Подготовительные процессы: дробление и грохочение, измельчение и классификация**

К подготовительным процессам относятся процессы дробления и измельчения, при которых достигается раскрытие минералов в результате разрушения сростков полезных минералов с пустой породой с образованием механической смеси частиц и кусков разного минерального состава, а также процессы грохочения и классификации, применяемые для разделения по крупности полученных при дроблении и измельчении механических смесей. Задача подготовительных процессов – доведение минерального сырья по крупности, необходимой для последующего обогащения. Крупность зависит от размера вкрапленности минералов полезного компонента в минералах пустой породы.

Между дроблением и измельчением нет принципиальной разницы. Дроблением и измельчением называются процессы разрушения кусков (зерен) полезных ископаемых на более мелкие зерна путем действия внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления между частицами. Условно считают, что при дроблении получают зерна

крупностью более 5 мм, а при измельчении - менее 5 мм в водной среде. Машины, с помощью которых осуществляется дробление и измельчение, соответственно называются дробилками и мельницами. При дроблении руд цветных металлов используются щековые и конусные дробилки, для мокрого измельчения - мельницы барабанного типа с загрузкой измельчающих тел - шарами или стержнями и МСИ.

Полезные ископаемые в зависимости от их минерального состава, метода обогащения и характера использования подвергаются дроблению и измельчению до различной крупности. При обогащении полезных ископаемых дробление и измельчение применяются для разъединения сростков рудных (полезных) и нерудных минералов, содержащихся в исходном материале, доведения исходного материала до необходимой крупности или гранулометрического состава. Предел крупности дробления и измельчения определяется размером вкрапленности рудных и нерудных минералов.

Все операции по уменьшению крупности (дробление и измельчение) определяются характеристиками питания сырья, которое подается в процесс. Добытая руда всегда состоит из кусков различной крупности. Наряду с крупными кусками (достигающими при открытой добыче 1,5 м и до 350 мм - при подземной), в ней содержатся частицы в несколько долей миллиметра. Основным исходным параметром для выбора технологии рудоподготовки является "дробимость или измельчаемость" материала, имеющая также название "индекс работы" и "профиль износа", называемый индексом абразивности и градация по крепости руды, твердости минералов.

При дроблении и измельчении любого полезного ископаемого необходимо соблюдать принцип "не дробить, не измельчать ничего лишнего". Для этого используются процессы грохочения и классификации с целью отделения готового класса крупности перед дроблением или измельчением [29].

Грохочение – процесс разделения полезного ископаемого на классы по крупности путем просеивания его через одно или несколько сит (решет). Материал, поступающий на грохочение, называется исходным, а продукты грохочения – классами крупности. Оставшийся на сите материал называется над решетным продуктом, а провалившийся через отверстия сита - под решетным.

Различают следующие виды грохочения: вспомогательное, подготовительное, самостоятельное, с целью обезвоживания обезшламливания и избирательное.

Вспомогательное грохочение применяется для отделения готового по крупности материала от исходного, поступающего на дробление, или же для контроля крупности дробленого продукта. Первый вид грохочения называется предварительным, а второй – контрольным.

Подготовительное грохочение применяется для разделения исходного материала по крупности на классы перед последующими операциями обогащения с целью повышения их эффективности.



Самостоятельным называется грохочение, продукты которого являются товарными и направляются потребителю.

Грохочение с целью обезвоживания находит широкое применение для первичного отделения воды от продуктов обогащения.

В процессе рудоподготовки руд цветных металлов при грохочении используются неподвижные колосниковые и вибрационные грохота.

Операция дробления вместе с относящимися к ней операциями грохочения составляет стадию дробления, а совокупность стадий дробления – схему дробления. Схемы дробления включают одну, две, три и более стадии дробления, выполняемые в гирационных дробилках первой стадии дробления, щековых дробилках, молотковых дробилках, конусных дробилках для крупного, среднего и мелкого дробления, роллерпрессах [30].

Классификация измельченных продуктов по крупности в жидкой среде основаны на различии в скоростях падения частиц различного размера.

К классификаторам относятся машины и аппараты, предназначенные для разделения тонкозернистых материалов по равнопадаемости на фракции различной крупности и плотности в жидкой или воздушной среде. Осуществляемый в них процесс разделения основан на различии скоростей стесненного падения крупных и мелких, плотных и легких частиц, взвешенных в покоящейся или движущейся среде.

Вода вместе со взвешенными в ней минеральными частицами представляет собой пульпу, являющуюся исходным продуктом (питанием) классификатора. В классификаторе пульпа разделяется на два или несколько продуктов (фракций) различной крупности. При разделении на два продукта более крупный продукт носит название песковой фракции, сокращенно – песков, а более мелкий называется сливом. Силовое поле, под действием которого происходит разделение взвеси в классификаторе, может быть полем силы тяжести (спиральные классификаторы) и полем центробежных сил инерции (гидроциклоны).

Таблица 3.28. Выбросы пыли в атмосферный воздух при дроблении и грохочении, измельчении, классификации (по данным КТА)

№ п/п	Наименование объекта	Валовые выбросы загрязняющих веществ, т	
		макс	мин
1	2	3	4
	B10	360,5781	316,79896
	B14	723,953848	520,825527
	C1	63,73	31,311
	C2	194,030773	142,318503
	E1	77,6516	11,78199
	F1	254,5533	76,64286
	F2	468,7013	267,7013

G2	481,400561	191,950133
H1	353,8744	282,1069
H2	266,3974	71,174
H3	759,9454	473,62

В таблице 3.28 представлены валовые выбросы пыли при подготовительных процессах обогащения руд цветных металлов. Из таблицы 3.28 следует, что валовые показатели выбросов загрязняющих веществ варьируются в пределах от 31,311 тонн при минимальном показателе выброса до 759,9454 тонн при максимальном объеме выброса. Такое расхождение в показателях может зависеть от типа и мощности оборудования для дробления руды, типом используемого очистного оборудования.

### 3.4.2. Основные методы обогащения

Методы обогащения основаны на разделении минералов по их свойствам: плотности – гравитационное обогащение; смачиваемости поверхностей – флотация; магнитной восприимчивости – магнитная сепарация; электрическим свойствам (электрической проводимости, диэлектрической проницаемости, способности заряжаться при трении) – электрическая сепарация; различию в естественной и наведенной радиоактивности – радиометрическое обогащение и др.

Для переработки бедных и окисленных руд широко используются процессы гидрометаллургии – химического, бактериального выщелачивания с последующими экстракцией и электролизом или с последующей сорбцией и плавкой.

Для руд сложного вещественного состава, в связи с вовлечением в переработку труднообогатимых руд и техногенного минерального сырья, характеризующегося низким содержанием ценных компонентов и тонкой вкрапленностью минералов, комплексное извлечение ценных компонентов достигается сочетанием процессов обогащения с использованием гидрометаллургических, химических и биологических переработок – комбинированные схемы [31].

В результате обогащения руд, помимо концентратов, образуются хвосты (отходы процесса обогащения с содержанием ценных компонентов значительно ниже, чем в исходном сырье), которые, в зависимости от минерального состава пород, поступают на хвостохранилище или на переработку в целях комплексного использования сырья (например, для до извлечения ценных компонентов), либо их применяют в качестве флюсов, строительных материалов и др. При содержании в руде нескольких полезных компонентов из нее получают селективные концентраты, содержащие один ценный компонент, или комплексные концентраты (например, медно-золотые, никель-кобальтовые), которые разделяются на ценные компоненты в металлургическом процессе.

Разнообразие видов и минералого-петрографических характеристик полезных ископаемых почти полностью исключает возможность применения однотипных схем и режимов обогащения. В каждом конкретном случае схема обогащения определяется в

зависимости от минерального состава и размеров вкраплений минералов в породе и других характеристик руды.

Схема обогащения рудного сырья состоит из ряда последовательных процессов – подготовительные процессы (дробление, грохочение и измельчение, классификация), собственно обогащение и вспомогательные процессы (обезвоживание: сгущение, фильтрование, сушка) для достижения необходимого содержания влаги в концентратах и складирование отвальных хвостов.

#### **3.4.2.1. Гравитационные методы обогащения**

Гравитационными процессами обогащения называются процессы, в которых разделение минеральных частиц, отличающихся плотностью, размером или формой, обусловлено различием в характере и скорости их движения в среде под действием силы тяжести и сил сопротивления.

К гравитационным процессам относятся отсадка, концентрация на столах, обогащение на шлюзах, желобах, винтовых сепараторах, обогащение в тяжелых жидкостях и суспензиях, гравитационная классификация. В качестве среды, в которой осуществляется гравитационное обогащение, используют воду, воздух, тяжелые суспензии и жидкости.

Разделение частиц при гравитационном обогащении обычно происходит в движущейся среде с достаточно большим содержанием твердого.

При одинаковой крупности и форме частиц разделение происходит тем успешнее, чем больше разница в плотностях разделяемых минералов.

#### **3.4.2.2. Флотационные методы обогащения**

Флотационный процесс обогащения полезных ископаемых основан на избирательном прилипанию частиц минералов к поверхности раздела двух фаз.

Пенной флотацией называется процесс, при котором гидрофобные частицы прилипают к вводимым в пульпу пузырькам воздуха или газа и поднимаются с ними вверх, образуя пену, а гидрофильные частицы остаются взвешенными в пульпе. В пенный продукт переходят минералы цветных металлов - концентрат, а с пульпой уходят минералы пустой породы, образуя хвосты.

При разрушении твердого тела, когда связи между молекулами, атомами или ионами разрываются, на его поверхности появляются ненасыщенные связи.

Обнажение на поверхности минерала сильных связей - ионных, металлических и некомпенсированных ковалентных - приводит к полной смачиваемости водой и, наоборот, тела, при раскалывании которых на поверхности обнажаются преимущественно слабые - молекулярные или сильные, но взаимно компенсированные связи, - смачиваются не полностью и характеризуются естественной флотиремостью.

Минералы могут успешно флотироваться при помощи специальных реагентов, которые собирают на поверхности раздела твердое тело - жидкость и на границе раздела жидкость - воздух.

К первой группе реагентов относятся собиратели и многие модификаторы флотации (активаторы и депрессоры), ко второй - главным образом пенообразователи.

Собиратели (коллекторы) ухудшают смачиваемость поверхности минералов водой, что характеризуется увеличением краевого угла смачивания и сокращают время, необходимое для прилипания частицы к пузырьку, таким образом повышают гидрофобность поверхности минералов.

Действие собирателей в большинстве случаев недостаточно селективно и обычно приводит к флотации нескольких минералов.

Для выделения в пенный продукт какого-либо одного или группы минералов применяют реагенты-модификаторы. Модификаторы флотации регулируют действие собирателей, усиливая или ослабляя его. Улучшения условий взаимодействия собирателей с поверхностью минералов достигают, применяя активаторы. Для ухудшения или полного прекращения флотации во флотационную пульпу вводят депрессоры (подавители). Действие депрессоров противоположно действию собирателей: они улучшают смачиваемость минералов водой - значение краевого угла уменьшается до нуля или до такой величины, когда прилипание частицы к пузырьку неустойчиво и требуется значительное время их контакта.

Реагенты-пенообразователи применяют для тонкого диспергирования, вводимого во флотационную машину воздуха и образования пены.

К вспомогательным реагентам относятся регуляторы рН среды - реагенты, изменяющие концентрацию гидроксильных и водородных ионов в пульпе; модификаторы пены - реагенты, меняющие структуру пены или гасящие ее.

### **3.4.3. Химические процессы в комбинированных схемах обогащения**

Комбинированные схемы обогащения минерального сырья включают химические процессы в начале, середине или конце схем механической обработки руд. Данную область технологии называют химическим обогащением.

Используются следующие процессы: гидрометаллургические, термохимические, пирометаллургические, хлоридо- и фторидо-возгонка, сульфатизирующий, восстановительный, окислительный, сегрегационный обжиг и др. Наибольшее промышленное применение получили гидрометаллургические процессы. Преимуществами их, например, при сравнении с пирометаллургическими процессами, являются возможность переработки более сложных, более бедных полиметаллических продуктов с осуществлением практически полного разделения металлов и более рационального решения задачи охраны окружающей среды, применения при разложении перерабатываемых проб сравнительно невысоких температур [32].

В настоящее время во многих странах развернуты исследования по совершенствованию химических процессов в следующих направлениях:

предварительная обработка труднообогатимых и необогатимых руд или промпродуктов для образования (или, наоборот, удаления) поверхностных пленок на

зерна рудных минералов, сегрегации тонкодисперсных частиц и других химических изменений отдельных компонентов с целью повышения различия физических и физико-химических свойств минералов и создания возможности разделения их обычными методами обогащения;

доводка богатых концентратов, но некондиционных по содержанию основного компонента или примесей, путем частичного или полного удаления из них химическими методами некоторых сопутствующих минералов;

переработка черновых, коллективных концентратов или трудно доводимых промпродуктов с целью практически полного селективного извлечения полезных компонентов в одноименные продукты.

В случае химической переработки продуктов обогащения на операции их вскрытия обычно все ценные компоненты, а также некоторая часть примесей переводятся в раствор из исходного материала. Вследствие этого технологические схемы значительно усложняются. При их осуществлении требуются большие расходы реагентов. Однако применение химической переработки продуктов обогащения позволяет повысить извлечение из руды основных элементов в конечные продукты, как правило, с более высоким содержанием их и меньшим содержанием вредных примесей, чем при других химических процессах. Так, в конечных продуктах может быть достигнуто содержание примесей  $<0,1\%$ , что значительно повышает рентабельность химической технологии.

Выбор химического процесса зависит от вещественного состава исходного сырья, содержания и минеральных форм полезных компонентов, их стоимости и требований к качеству конечной продукции.

Наибольшие успехи в гидрометаллургической переработке бедных продуктов обогащения достигнуты в результате разработки и широкого применения выщелачивания, автоклавных, сорбционных, мембранных и экстракционных процессов

Для наиболее сложного по составу минерального сырья схема гидрометаллургической переработки может включать следующие операции: дополнительное измельчение исходного материала, разложение извлекаемых минералов, выщелачивание полезных компонентов, очистку полученных растворов от вредных примесей, разделение и осаждение извлекаемых соединений, отделение получаемых твердых продуктов от жидкой фазы, сушку, брикетирование, обжиг конечных продуктов, регенерацию реагентов, использование или очистку отработанных растворов. Часто осуществляется совмещение некоторых операций: например, дополнительное измельчение продуктов, их разложение и выщелачивание (в шаровых мельницах или в горизонтальных автоклавах), разложение минеральных компонентов и выщелачивание образовавшихся соединений, использование отработанных растворов в качестве оборотных.

Методы выщелачивания. Выщелачивание применяется, обычно, для легкорастворимых руд или для руд, обогащение которых минералогически более трудно (например, тесное срастание зерен полезного минерала с минералами пустой породы, иначе говоря, плохая "раскрываемость" зерен полезного компонента руды) другими методами, например, методом флотации. При выщелачивании ценные металлы отделяются от руды различными растворителями, например кислотами или цианидом. Цианид используется для улучшения извлечения ценных металлов, например, в процессе обогащения золота, так как с помощью него можно отделить большую часть такого золота, которое не отделяется гравитационным или флотационным методом.

Эффективность выщелачивания при необходимости можно повысить с помощью бактерий или само выщелачивание может быть основано на жизнедеятельности бактерий.

После выщелачивания драгоценные металлы осаждаются из раствора химическим путем (например, восстановлением с помощью  $\text{HS}$ ) или электролизом. До процесса осаждения раствор концентрируется методом рециркуляции выщелачивающего раствора, методом жидкостной экстракции/реэкстракции или экстракцией/абсорбцией.

Выщелачивание металлических руд проводится или в резервуаре (чановое выщелачивание), или в штабеле руды (кучное выщелачивание). В первом случае используются реакторы выщелачивания и/или автоклавы. Реакторы выщелачивания представляют собой резервуары со смесителями, где руда подвергается воздействию химических растворителей и/или газов в пульпе. Иногда эффективность растворения повышается путем подогрева реактора, например - паром. В автоклаве реакция ускоряется путем поднятия температуры раствора выше его точки кипения (избыточное давление). В автоклав добавляется кислород для окисления сульфидных минералов. До соединения с рудой раствор можно обогатить другими методами, например- флотацией (в т. ч. в процессе обогащения золота, разложение сульфидов до выщелачивания цианидом, когда золото связано с сульфидными минералами, рис. 3.21)

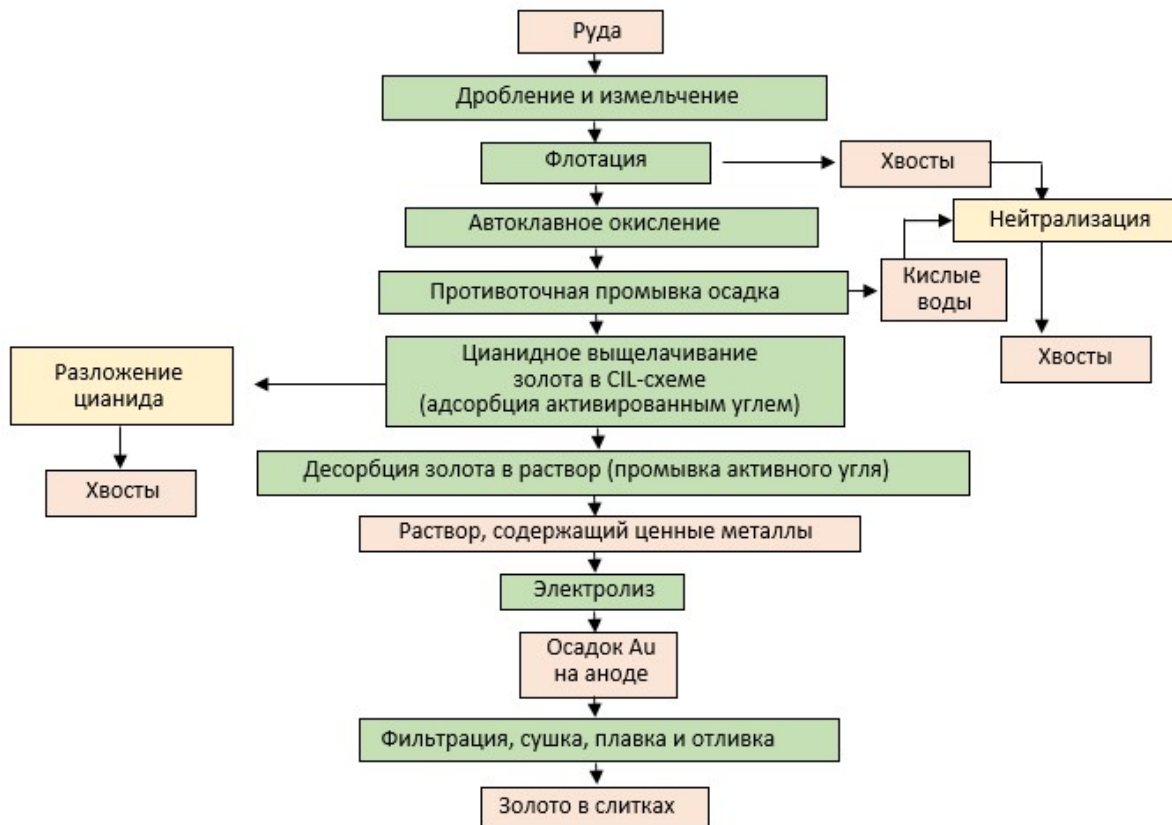


Рисунок 3.21. Принципиальная схема выщелачивания золота

При кучном выщелачивании штабель руды орошается растворителем, который растворяет в руде благородные металлы. Раствор металлов поступает в накопительную систему под штабелем руды. В Финляндии кучное выщелачивание используется на руднике в Талвиваара, где металлы выделяются из руды методом биологического кучного выщелачивания (основанном на жизнедеятельности бактерий).

### 3.4.4. Вспомогательные процессы

#### 3.4.4.1. Подготовка и подача реагентов

В состав реагентного участка обогатительной фабрики входят: склады сухих и жидких реагентов и масел; реагентное отделение, предназначенное для приготовления растворов реагентов требуемой концентрации; дозировочная площадка, размещаемая вблизи флотационного отделения, с расходными бачками для растворов и питателями реагентов.

Если реагентное отделение размещается в пристройке главного корпуса обогатительной фабрики, то при нем обычно предусматривается небольшой расходный склад реагентов на 3–10 суточный запас. В расходный склад реагенты поступают с реагентного склада, где запас реагентов составляет одно-трехмесячную потребность в зависимости от расхода их и условий снабжения.

Если реагентное отделение выносится в отдельное здание, то с этим зданием совмещен реагентный склад. В этом случае в реагентном отделении место для

хранения только 1–2 суточного запаса реагентов. Площадь склада позволяет хранить реагенты, поступающих в таре (мешках, ящиках, бочках) при высоте укладки их в штабели до 2 м, нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади хранения 1,5-2 тонны, что составляет 70-75 % от общей площади склада.

Погрузочно-разгрузочные работы и транспорт внутри реагентного склада механизированы автопогрузчиками и мостовыми кранами.

Для жидких реагентов, поступающих в цистернах, таких как флотационные масла, пиридин, крезол, жидкое мыло, аэрофлот, кислоты и т. п., устроены пункты слива цистерн и склады в виде горизонтальных или вертикальных резервуаров, подобно тому, как устраиваются склады для нефтепродуктов. На дозирочную площадку или в реагентное отделение реагенты перекачиваются насосами с автоматическим управлением.

Работа реагентного отделения организована следующими положениями:

приготовление растворов желательно организовать в одну смену с целью сокращения числа рабочих;

при односменном приготовлении реагентов емкость чанов для готовых растворов должна быть не менее суточного расхода реагента;

для каждого реагента необходимо минимум два чана: один, оборудованный мешалкой, - для растворения реагентов и другой, расходный - для готового раствора;

с ядовитыми, а также горючими реагентами можно работать только в изолированном помещении с соблюдением специальных правил безопасности и правил противопожарной безопасности.

Реагентное отделение располагается обычно на верхней площадке обогатительной фабрики, выше главного корпуса, а на фабриках малой и средней производительности - размещается в пристройке, примыкающей к бункерам главного корпуса.

Растворы реагентов на дозирочную площадку перекачиваются центробежными песковыми или кислотоупорными насосами. На некоторых обогатительных фабриках хорошо работают пневматические камерные насосы, не имеющие механических движущихся деталей, соприкасающихся с растворами.

На дозирочной площадке размещаются расходные бачки небольшой емкости, служащие для автоматического наполнения питателей реагентов. Эта площадка обычно находится в главном корпусе обогатительной фабрики между цехами измельчения и флотации; на больших фабриках для площадки выделяется место в пролете для электрооборудования, а на малых фабриках площадка устраивается вблизи колонн, разделяющих пролеты измельчения и флотации. От реагентных питателей к точкам потребления протягивается самотечная сеть трубок малого диаметра. Для разводки реагентов рекомендуется применять трубы из пластмасс, т. к. они легки и не подвергаются коррозии.



Подача реагентов в процесс флотации должна быть оснащена системой автоматизации и программным обеспечением дозировки каждого реагента в зависимости от количества перерабатываемой руды и характеристики руды (сортность, степень окисленности).

#### **3.4.4.2. Обезвоживание продуктов обогащения**

Получаемые на фабриках при обогащении руды продукты, как правило, представлены жидкими пульпами. В зависимости от дальнейшей переработки или перевозки и хранения, концентраты и хвосты подвергаются процессам обезвоживания. Вода, удаленная из этих продуктов, возвращается в технологический процесс системой оборотного водоснабжения.

К вспомогательным процессам относят обезвоживание полезных ископаемых. Под обезвоживанием следует понимать дальнейшую обработку конечных продуктов, полученных на стадии обогащения. Обезвоживание осуществляется стадийно: сгущение, фильтрация и сушка. Обезвоживание касается как полезных минералов (концентрата), так и минеральных отходов (хвостов).

В первом случае обезвоживание означает улучшение качества продукта путем приведения концентрата в состояние, пригодное для транспортирования, или в полностью сухую форму.

Обезвоживание хвостов означает надлежащую обработку материала отходов (промывочной воды, технологических стоков и т. п.) с целью защиты окружающей среды, для восстановления технологической воды и для превращения определенной части отходов в полезный материал.

Сгущение основано на естественном осаждении в жидкости мелких и тонких частиц твердого под действием силы тяжести.

Фильтрация является процессом отделения твердых частиц от жидкости через пористую перегородку, проницаемую для жидкости, но непроницаемую для твердых частиц.

Сушка применяется в тех случаях, когда обработка материала тем или иным методом во влажном состоянии невозможна, затруднительна или экономически менее выгодна.

#### **3.4.5. Аппараты для обогащения руд цветных металлов**

##### **3.4.5.1. Аппараты для рудоподготовки**

На обогатительную фабрику с рудника поступает руда, содержащая куски различной крупности. При подземной добыче руды величина максимального куска, как правило, не превышает 300 мм, а при открытой разработке - 1500 мм. Для обогащения необходимо уменьшить крупность кусков руды до размеров естественной вкрапленности ценных минералов в пустой породе и до крупности, необходимой для выполнения обогатительных операций; например, для гравитационного обогащения - до 10 мм, для флотации - менее 0,3 мм.

Уменьшение размеров кусков руды, разрушением их действием внешних сил является дроблением.

Дробление производится в специальных машинах, дробилках, методами раздавливания, раскалывания, истирания, удара или их сочетанием. Кроме того, в ряде дробилок на куски руды оказывают действие изгибающие и разрывающие силы.

В зависимости от величины куска, поступающего на обогатительную фабрику, и физических свойств руды дробление производится в одну или несколько стадий (приемов). Первая (I) стадия обычно называется крупным, вторая (II) - средним и третья (III) - мелким дроблением. Во всех этих стадиях основными способами дробления являются раздавливание и раскалывание.

Дробление руд цветных и редких металлов обычно производится в дробилках следующих типов: крупное дробление - в щековых и конусных, среднее дробление - в стандартных конусных, мелкое дробление - в короткоконусных.

Кроме того, ограниченно применяются валковые, молотковые и другие типы дробилок.

Щековые дробилки. В щековой дробилке дробление производится путем раздавливания дробимых кусков между вертикальной и наклонной плоскостями (щеками). Щековая дробилка самая распространенная дробилка для дробления руд и горных пород. Существует несколько конструкций щековых дробилок, отличающихся расположением оси подвеса подвижной щеки (верхнее или нижнее), характером движения щеки (простое ЩДП или сложное ЩДС) и конструкцией движущегося механизма (кулачковый или шарнирно-рычажный).

Конусные дробилки для крупного дробления. В конусных дробилках раздавливание и истирание кусков руды происходит между двумя усеченными конусами, из которых внешний – неподвижный, установлен вниз вершиной, а внутренний - подвижный - вверх.

Выпускаются конусные дробилки для крупного дробления типа ККД - с механическим регулированием разгрузочной щели и типа КРД - с гидравлическим регулированием разгрузочной щели.

Сравнивая щековые и конусные дробилки для крупного дробления, следует отметить, что оба типа дробилок расходуют практически одинаковое количество энергии. Однако, если в конусных дробилках дробление происходит непрерывно, то в щековых - только в момент переднего хода подвижной щеки; в момент заднего хода энергия аккумулируется маховиком и затем расходуется при следующем переднем ходе щеки.

При обеспечении непрерывной подачи руды конусная дробилка, работающая с заполненной загрузочной воронкой, предпочтительнее щековой. В случае подачи руды с перерывами следует отдать предпочтение щековой дробилке меньшей производительности, проводя операцию дробления более длительно. Кроме того,

конусная дробилка при одинаковой ширине загрузочного отверстия имеет примерно вдвое большую производительность, и потому она чаще применяется на крупных обогатительных фабриках.

Конусные дробилки для среднего и мелкого дробления. Основное конструктивное отличие конусных дробилок для среднего и мелкого дробления от дробилок для крупного дробления состоит в том, что в них оба конуса расположены вершиной вверх.

Дробление в конусных дробилках для среднего и мелкого дробления происходит сначала методом раздавливания, затем в параллельной зоне методом истирания. Дробилки для мелкого дробления отличаются от дробилок для среднего дробления более коротким внутренним конусом, большим диаметром приемной воронки и меньшим размером загрузочного отверстия, а также более длинной параллельной зоной и крутым наклоном образующей конуса.

Для дробилок среднего и мелкого дробления характерны большая степень дробления (от 1,5 до 20) и высокая производительность при относительно равномерном по крупности дробленом продукте. В то же время эти дробилки довольно сложны по конструкции, требуют тщательного ухода и наблюдения и плохо работают при дроблении влажной руды повышенной вязкости.

Для мелкого и тонкого дробления нетвердых и хрупких руд (оловянные, вольфрамовые и др.) могут применяться двухвалковые дробилки, которые представляют собой компактную и простую по конструкции машину. Дробильные валки состоят из двух валков с гладкой, рифленой или зубчатой поверхностью, вращающихся навстречу друг другу. Руда засыпается в щель между ними и истирается. Дробильные валки применяются для мелкого дробления сухого материала с небольшой степенью дробления. Преимуществом валковых дробилок является простота и надежность конструкции, основными недостатками - высокое пылеобразование при работе и низкая производительность.

При дроблении некоторых типов окисленных руд, содержащих глинистые минералы, могут применяться роторные дробилки, к которым относятся:

молотковые дробилки с шарнирно подвешенными или жестко закрепленными билами на вращающемся валу в дробильной камере с решетчатой нижней частью, через которую разгружается измельченный материал;

стержневые дробилки, в которых дробильная камера состоит из нескольких решетчатых цилиндров, вставленных один в другой с жестко закрепленными стержнями и вращающимися навстречу друг другу;

роторные дробилки, в которых дробление происходит в результате удара куска о стенку дробильной камеры.

Возможно также разрушение кусков руды в результате резкого снижения давления газа или пара (пневматическая дробилка взрывного действия), действия взрывной волны под влиянием искрового разряда в воде (электродинамические дробилки

взрывного действия), местного нагрева кусков руды током высокой частоты (электротермические устройства с высокочастотным генератором для додрабливания негабаритных кусков, имеющих размер больше загрузочного отверстия дробилок). Однако эти дробильные устройства еще не имеют промышленного значения.

Вспомогательная аппаратура дробильных цехов. В дробильных цехах устанавливаются аппаратура и приспособления, необходимые для обслуживания дробилок: ленточные конвейеры, питатели, приспособления для предотвращения попадания в дробилки металлолома и конвейерные весы.

Для того, чтобы руда равномерно поступала в дробилки из бункеров, последние снабжаются автоматическими питателями: для руды крупностью 75 мм и более обычно применяются пластинчатые питатели фартучного или лоткового типа, для мелкой руды - ленточные, вибрационные и другие питатели.

Питатель фартучного типа состоит из стальных пластин, которые расположены так, что каждая последующая из них своим краем прикрывает край предыдущей, не давая просыпаться материалу через зазор между пластинами. Пластины закреплены на двух бесконечных цепях. Длина звена цепи равна длине пластины. На пальце каждого звена находится ролик с ребордой, который обеспечивает движение пластины по специальным рельсам. Цепь натянута между двумя звездочками.

Питатель устанавливается под бункером. Толщина слоя руды на пластинах регулируется задвижкой. Зазор между нижним краем задвижки и пластиной должен быть в 2 раза больше самого крупного куса руды. Если в этом случае количество подаваемой руды окажется велико, снижают скорость движения питателя.

Питатели фартучного типа непригодны для установки под углом более  $15^\circ$ , так как руда будет скользить по уклону, а также для влажной и глинистой руды. Для работы в таких условиях пригоден лотковый питатель с пластинами в виде лотка.

Ленточный конвейер устанавливают в конце короткой наклонной воронки, смонтированной под бункером и снабженной задвижкой для регулировки толщины слоя руды на ленте. Задвижкой грубо регулируется производительность питателя. Более точная регулировка производится изменением скорости движения ленты.

Вибрационный питатель представляет собой наклонный лоток, закрепленный верхним концом под разгрузочной воронкой бункера и подвешенный на пружинах с вибратором, придающим ему колебания (3000 колебаний в минуту). Частота колебаний системы является постоянной величиной. Работу питателя регулируют изменением амплитуды колебаний.

Вибрационные питатели отличаются простотой конструкции и легкостью обслуживания, но они чувствительны к изменениям крупности руды, влажности, присутствию глины по сравнению с пластинчатыми и ленточными, что является их недостатком.

Для предотвращения попадания в дробилки металлических предметов используют металлоотделители и металлоискатели, а также комбинированные системы, состоящие из металлоискателей и металлоотделителей.

Действие металлоискателя основано на ухудшении добротности колебательного контура генератора, установленного на конвейерной ленте, питающей дробилку рудой, под влиянием потерь на вихревые токи, возникающие при наличии в руде металлических предметов. Обнаружив металлический предмет в руде, металлоискатель подает сигнал на металлоотделитель, обычно установленный за ним. В металлоотделителе форсируется намагничивающий ток и металл притягивается.

Наиболее надежной является схема, состоящая из двух металлоискателей и металлоотделителя, установленного между ними, так как второй металлоискатель будет контролировать работу металлоотделителя и при необходимости останавливать конвейер. Обычно число остановок в этих условиях бывает невелико.

Грохоты. Дробление руды является одной из наиболее дорогих операций в цикле обогащения. Поэтому принцип "не дробить ничего лишнего" является основным правилом при дроблении. С этой целью перед подачей в дробилку руду подвергают грохочению, при котором отделяются куски крупностью, равной и меньшей дробленого продукта. Поэтому в дробилку поступают только куски, требующие дробления, что значительно снижает расходы на эту операцию.

Различают четыре вида грохочения:

вспомогательное, в том числе предварительное - перед дроблением и контрольное - после дробления;

подготовительное - для разделения материала по крупности с целью самостоятельного обогащения каждого класса крупности;

самостоятельное (или механическая сортировка), предусматривающее выделение определенного класса крупности в качестве готового продукта;

обезвоживающее - для удаления из руды основной массы воды после ее промывки или для отделения суспензии от продуктов после разделения в тяжелой суспензии.

Грохочение производится в аппаратах - грохотах, в которых руда проходит через одно или несколько просеивающих поверхностей (решеток). Продукт, прошедший через отверстия решеток, называется под решетным, оставшийся на решетке - над решетным.

В зависимости от особенностей конструкции грохоты отличаются: геометрической формой просеивающей поверхности (плоские, дуговые и барабанные), расположением просеивающей поверхности (наклонные и горизонтальные), характером движения просеивающей поверхности (неподвижные, с движением отдельных элементов просеивающей поверхности, подвижные с вращательным и возвратно-поступательным движением).

Эта классификация является наиболее распространенной.

В зависимости от типа грохота меняется форма просеивающей поверхности, которая может быть представлена наборными металлическими стержнями различной формы сечения - колосниками, листовыми перфорированными решетками со штампованными или сверленными отверстиями круглой, квадратной или прямоугольной (в "елочку") формы, решетками из стержней круглого сечения, шпальтовыми ситами из стержней (проволоки) фасонного сечения и проволочными плетеными ситами (металлическими сетками).

Материалом для изготовления решет служат различные виды сталей, литая резина, чугун, реже бронза и латунь.

Неподвижные колосниковые грохоты, устройства для грохочений крупнокусковой руды, представляют собой наклонные решетки, собранные из колосников, со щелью шириной не менее 50 мм.

Ширина грохота обычно определяется длиной фронта загрузки руды, а длина зависит от производительности и эффективности грохочения. Обычно длина принимается в 3–4 раза больше ширины. Угол наклона колосникового грохота составляет 45–50 ° для сухих руд и 50–60 ° для влажных. Эффективность грохочения или точность отсева обычно в пределах 55–60 %, при низкой производительности она может повышаться до 75 %.

Дуговые грохоты являются разновидностью колосниковых и предназначены для мокрого грохочения измельченных руд крупностью 0,074 – 12 мм. Дуговая колосниковая решетка имеет радиус кривизны 0,5–1,65 м, ширину 0,3–1,2 м и площадь грохочения 0,1–3 м<sup>2</sup>. Основными преимуществами дугового грохота являются компактность конструкции и отсутствие движущихся частей и привода. Дуговые грохоты целесообразно применять при обогащении руд, содержащих легкошламуемые минералы (галенит, касситерит).

Из плоских грохотов с продольными симметричными колебаниями применяются инерционные, гирационные, самобалансные и саморезонансные.

Инерционные наклонные грохоты имеют круговую или прямоугольную траекторию колебания решета, угол наклона решета – 15–26 °. Материал по его поверхности перемещается под действием направленной вдоль сита слагающей силы тяжести и инерции. Инерционность грохоту придают установленный на нем вибратор и пружины опор или подвески. Материал может разделяться на два или три класса, в зависимости от того, сколько сит установлено на грохоте. Инерционные грохоты выпускаются легкого типа для грохочения материала с насыпной массой (насыпной плотностью) 1 тонна/м<sup>3</sup>, среднего типа для грохочения материала с насыпной массой 1,6 тонн/м<sup>3</sup> и тяжелого типа для грохочения материала с насыпной массой не более 2,5 тонн/м<sup>3</sup>. Инерционные грохоты применяют для просева влажных, слежавшихся материалов крупностью от 60 до 3 мм.

Гириационные наклонные грохоты представляют собой полувибрационные аппараты с эксцентриковым приводом с двумя ситами. Выпускаются грохоты среднего типа для грохочения материала с насыпной массой 1,6 тонн/м<sup>3</sup> и крупностью не более 150 мм и тяжелого типа для грохочения материала с насыпной массой 2,5 тонн/м<sup>3</sup> и крупностью не более 400 мм. Угол наклона короба - до 36 °. Ориентировочная производительность 140–250 м<sup>3</sup>/ч.

В отличие от инерционных, у гириационных грохотов амплитуда вибрации короба фиксирована, равна 4 мм. Возникающие при круговых возвратно-поступательных движениях ("гириациях") центробежные силы инерции компенсируются специальными дебалансными грузами, установленными на дисках вибратора.

Вибрационные самобалансные горизонтальные грохоты представляют собой аппараты с полным уравниванием колеблющихся масс. В качестве приводного механизма используется двухвальный вибратор. Короб грохота совершает прямолинейные колебания под углом около 45 ° к плоскости сетки. При движении короба вперед по ходу материала сетка приподнимается, при обратном ходе - опускается. При движении вперед куски руды подбрасываются сеткой и движутся по параболе. По окончании движения руда падает на сетку и вместе с ней продолжает обратный ход.

Аппараты этой группы, как и инерционные, выпускаются трех типов: легкого, среднего и тяжелого с теми же пределами по насыпной массе. Для грохочения руд цветных и драгоценных металлов и регенерации тяжелых суспензий обычно применяют грохоты тяжелого типа с одним и двумя ситами. Амплитуда колебаний грохота от 3,6 мм до 5 мм, производительность от 90 тонн/ч до 300 тонн/ч.

Вибрационные саморезонансные горизонтальные грохоты изготавливаются только легкого типа подвесными или опорными с кривошипно-шатунным приводным механизмом, скорость вращения которого соответствует частоте собственных колебаний системы, состоящей из нескольких масс и внутренних упругих связей.

Измельчение и классификация. Дробленая руда не может подвергаться обогащению, так как крупность зерен полезных минералов в ней во много раз ниже средней крупности кусков руды. Поэтому после дробления руду измельчают до крупности, пригодной для проведения тех или иных обогатительных операций.

Руда измельчается под действием удара и истирания. Современные измельчительные машины, мельницы, представляют собой вращающиеся пустотелые цилиндры (барабаны), в которые помещается измельчаемый продукт и мелющие тела: металлические шары, стержни или крупные твердые куски руды (галя). Измельчение может происходить также при ударах кусков руды друг о друга и о специальные лопатки на внутренней поверхности барабана в МСИ. Измельчение может производиться в присутствии воды (мокрое) и без нее (сухое).

Несмотря на кажущуюся простоту, процесс измельчения довольно сложен и зависит от ряда факторов, связанных с конструктивными свойствами измельчительного аппарата (размера, характера мелющих тел, типа футеровки и вида выгрузки и т. д.) и особенностями измельчаемой руды (крупностью, твердостью, плотностью пульпы и т. д.).

В зависимости от вида мелющих тел, мельницы, применяющиеся для измельчения руд цветных и драгоценных металлов, подразделяются на шаровые, стержневые, рудногалечные и самоизмельчения.

Шаровые мельницы наиболее часто устанавливаются на обогатительных фабриках во всех стадиях измельчения руды и продуктов обогащения. Мельница состоит из металлического барабана диаметром от 0,9 до 4,5 м и длиной от 0,9 до 6 м, обе стороны которого закрыты торцевыми крышками, изготовленными из стали или сталитового чугуна, с пустотелыми цапфами. С помощью цапф мельница крепится в коренных подшипниках. Изнутри барабан и крышка покрываются съемными броневыми или резиновыми плитами - футеровкой для предохранения от износа.

Руда в мельницу загружается непрерывно питателем. Питатели бывают трех типов: улитковый (спиральный), барабанный и комбинированный, из которых чаще всего применяется улитковый.

В зависимости от конструкции разгрузочного отверстия шаровые мельницы могут быть с разгрузкой через решетку и с центральной разгрузкой, для которой характерен более высокий уровень пульпы, меньшая скорость движения и более тонкий слив. Горловина разгрузочной цапфы имеет спираль, возвращающую в рабочее пространство мельницы случайно попавшие в полость цапфы шары.

Стержневые мельницы отличаются от шаровых с центральной разгрузкой увеличенным диаметром загрузочной и разгрузочной горловин. Эти мельницы имеют большую производительность. Мелющими телами являются металлические стержни диаметром 40–126 мм, длиной на 25–30 мм короче внутренней длины барабана. Измельчение стержнями происходит в основном в результате раздавливания. Стержневые мельницы применяются на I стадии измельчения для получения в измельченном продукте не более 30 % класса минус 0,074 мм. В готовом продукте преобладают зерна средних классов, отсутствуют крупные и практически нет мелких.

Рудногалечные мельницы применяются для измельчения как руд, так и продуктов обогащения. Иногда мельницы с разгрузкой через решетку переоборудуют в рудногалечные. Для рудногалечного измельчения исходная дробленая или грубоизмельченная руда должна разделяться на три фракции: крупную, используемую в качестве мелющих тел, мелкую, подвергающуюся измельчению, и среднюю, используемую как мелющие тела в следующей стадии измельчения. При первичном рудногалечном измельчении измельчается руда крупностью 40-20 мм. Мелющей средой при этом являются куски руды крупностью от 300 до 100 мм. При вторичном



измельчении до измельчается продукт I стадии. Крупность руды 3 мм, мелющая среда - от 100 до 50 мм.

МСИ предназначены для измельчения рядовой неклассифицированной руды крупностью до 350 мм в сухом виде (мельница типа "Аэрофол") и в мокром (мельница типа "Каскад"). Иногда для повышения эффективности измельчения в мельницу добавляют до 7 % по массе металлических шаров.

Мельницы первичного рудного самоизмельчения позволяют совместить процессы дробления II и III стадий и тонкого измельчения. Например, при измельчении руды крупностью 350 мм в мельницах "Аэрофол" или "Каскад" диаметром 5–7 м в измельченном продукте содержится 60 % зерен класса минус 0,074 мм. При использовании мельниц большего диаметра (9–11 м) крупность исходного питания можно увеличить до 600 мм.

МСИ представляют собой барабан с соотношением диаметра и длины 3:1, футерованный изнутри ребристыми плитами с полочками - лифтерами. Аналогичные лифтеры установлены и на загрузочной крышке. Лифтеры захватывают и поднимают куски руды, сбрасывают их вниз на массу руды, способствуя раскалыванию кусков по плоскостям спайности.

Руду в мельницы загружают через подачную горловину со спиралью, выгружают через горловину со спиралью, возвращающей галю. В МСИ разрушаются куски руды и освобождаются сростки при минимальном переизмельчении полезных минералов, что повышает технологические показатели обогащения.

Другие измельчительные аппараты. Помимо рассмотренных мельниц, для измельчения руды и продуктов обогащения могут применяться и другие аппараты. Одним из таких аппаратов является вибрационная шаровая мельница, приводимая в движение через вибратор, установленный на корпусе мельницы. При вращении вала вибратора с закрепленными на нем дебалансными грузами возникают центробежные силы инерции, под действием которых барабан совершает колебательные движения по круговой траектории. Корпус мельницы при этом не вращается, а вибрирует. Целесообразно применять этот аппарат для сверхтонкого помола.

Центробежная мельница представляет собой вертикальный барабан, рабочее пространство которого разделено дисками на три камеры. Питание подается через загрузочную воронку на распределительную тарелку, между которой и внутренней поверхностью барабана исходный материал попадает в первую камеру. Руда раздавливается роликами, прижимающимися к внутренней поверхности барабана. Затем материал переходит во вторую камеру, далее в третью и выгружается через разгрузочный патрубок.

Применение центробежных мельниц позволяет снизить энергоемкость операции измельчения [32].

Классификация. Классификацией называется процесс разделения измельченной руды на группы зерен с одинаковой скоростью падения. Если классификация происходит в воде, она называется гидравлической, а в воздушной среде - воздушной.

В цикле измельчения производится контрольная классификация для разделения измельченной руды на два класса: зерна, крупность которых выше допустимого предела, необходимого для последующего обогащения, и зерна заданной крупности, направляемые на дальнейшее обогащение.

При гидравлической классификации разделение зерен происходит в результате разницы в скорости их осаждения. Контрольная гидравлическая классификация предусматривает получение слива - пульпы, содержащей тонкие зерна измельченной руды, и песков для повторного измельчения. Гидравлической классификацией можно разделить руду на ряд классов, каждый из которых направляется на обогащение по определенной схеме.

На обогатительных фабриках при измельчении руд цветных и драгоценных металлов применяются два типа классифицирующих аппаратов: спиральные классификаторы и гидроциклоны. Спиральные классификаторы обычно устанавливают в I стадии измельчения, а гидроциклоны - во II и III стадиях.

Спиральный классификатор бывает одно- и двухспиральным и состоит из наклонного корыта полуцилиндрического сечения, смонтированного на раме. Внутри корыта вращается шнек, на осевой трубе которого укреплен спираль, перемещающая пески вверх к разгрузочному люку. Тонкий продукт - слив удаляется через сливной порог в приваренный к корпусу сливной желоб и вытекает через патрубок. Для загрузки классификатора в правой стенке корыта вырезано загрузочное окно, которое при загрузке через борт закрывается специальным щитом с резиновой прокладкой.

Гидроциклоны представляют собой довольно простые аппараты, состоящие из цилиндрикоконического сосуда, питающей и песковой насадок, сливного патрубка и сливной трубы.

Гидроциклоны отличаются друг от друга геометрическими размерами (диаметром от 50 до 1000 мм) и углом конусности, способом подачи питания (по прямой насадке круглого или прямоугольного сечения или по изогнутому в виде витка спирали входному патрубку прямоугольного сечения), способом удаления слива (через сливной патрубок непосредственно или соединенный со сливной трубой).

В последнее время получили распространение трехпродуктовые гидроциклоны с двумя концентрически установленными сливными патрубками. При этом из внутреннего патрубка удаляется более тонкий слив, а из внешнего - более грубый, количество которого можно регулировать специальным краном. Внутри гидроциклоны футеруются плитами из легированного чугуна, каменным литьем или резиной. Иногда для повышения эффективности классификации применяют несколько гидроциклонов, установленных последовательно - батарейные гидроциклоны.

Гидроциклоны применяются и для дешламации продуктов обогащения. В настоящее время гидроциклоны обычно устанавливают вместо механических классификаторов.

Гидроциклоны работают в замкнутом цикле с шаровыми мельницами, где тонкий слив направляется на флотацию, а пески как циркулирующая нагрузка возвращаются в мельницу.

#### **3.4.5.2. Аппараты гравитационного обогащения**

Гравитационное обогащение - это процесс разделения минеральных частиц по плотности, крупности и форме, основанный на различии характера и скорости движения частиц в среде под действием сил тяжести и сопротивления. При одинаковой крупности и форме частиц эффективность разделения возрастает с увеличением разности плотностей минералов.

К гравитационным процессам относятся промывка руд, отсадка, концентрация на столах, обогащение на шлюзах, струйных, конусных и винтовых сепараторах и обогащение в тяжелых средах.

В качестве среды для гравитационного обогащения используют воду, тяжелые суспензии и жидкости.

Промывка руд. Руды россыпных месторождений золота, платины, вольфрама, олова и других металлов обычно содержат конгломераты, в которых ценные минералы, находясь в свободном виде, сцементированы глиной с песком и другими минералами пустой породы. Перед обогащением таких руд их подвергают промывке, состоящей в размывке конгломератов, переводе глинистых и других мягких пород в тонкие взвеси (шламы) с последующим удалением их из рудной массы. При этом в результате удаления части пустой породы повышается содержание ценных минералов в руде, т. е. происходит обогащение.

В процессе промывки минералы разделяются по крупности – избирательное грохочение. Классы, не содержащие ценных компонентов, выделяются и направляются в отвал, а классы, содержащие ценные компоненты, в дальнейшую переработку. Например, для некоторых россыпных месторождений золота в отвал направляется фракция +30 мм, а для россыпей редкоземельных металлов + 10 мм.

Известны случаи, когда в некоторых зонах коренных месторождений цветных металлов значительное содержание глинистых минералов заметно увеличивает вязкость пульпы, что затрудняет выделение из них ценных компонентов. Поэтому в схемы обогащения руд такого типа включается операция промывки, обычно на стадии дробления.

Промывка руд производится в аппаратах и устройствах различной конструкции, выбор которых осуществляется в зависимости от свойств промываемой руды.

Барабанные промывочные машины применяются для труднопромывистых руд. Наиболее распространенным аппаратом этого типа являются скрубберы,

представляющие собой наклонные барабаны (под углом до  $6^\circ$ ) диаметром 1,3 м и длиной 3 м с перфорированным патрубком для обезвоживания промытой руды. Руда крупностью до 150 мм непрерывно загружается внутрь барабана, частота вращения которого составляет 16,2–20,5 об/мин, и промывается водой (расход воды до  $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Производительность скрубберов 40–60  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Промывка может осуществляться в различных барабанных мойках, перфорированных и глухих скрубберах и т. д.

Корытные мойки применяются для разрыхления и промывки особо вязких глинистых руд с кусками крупностью до 100 мм. Мойка состоит из корыта, двух рабочих валов с лопастями и привода. Наклонное плоское днище (до  $5^\circ$ ) корыта имеет в верхней части люк с разгрузочным лотком. Шламы удаляются в нижней части корыта через сливные отверстия, расположенные в боковой стенке. Производительность моек обычно не превышает  $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Комбинированные мойки представляют собой сочетания барабанного грохота с реечным классификатором или двух корытных моек с противоположным ходом лопастных валов и обычно применяются для нормально- и легкопромывистых руд.

Башенные мойки представляют собой цилиндры диаметром 5–10 м и высотой 10–20 м с коническими днищами. Руда загружается сверху и под действием потоков воды и сжатого воздуха промывается. Слив удаляется в верхней части башни, а промытая руда - в нижней части, при помощи центрального эрлифта. Преимущество башенных моек - отсутствие дополнительного измельчения руды при мойке.

Отсадка. Отсадка представляет собой процесс разделения минеральных частиц по плотности под действием переменной по направлению вертикальной струи воды. Отсадку широко применяют при обогащении россыпей редких и благородных металлов, а также используют при обогащении руд цветных металлов (преимущественно золотосодержащих и свинцово-цинковых). Оптимальная крупность руд при отсадке составляет 0,2–50 мм. Отсадке подвергают как широко классифицированный материал, так и материал, классифицированный по узкой шкале.

Отсадка осуществляется на решетке отсадочной машины, через отверстия которого проходят восходящие и нисходящие потоки воды, создаваемые тем или иным способом. Восходящие струи поднимают и разрыхляют постель из лежащих на решетке минеральных зерен, нисходящие струи постель опускают и уплотняют. Под воздействием гидродинамических сил минеральные зерна движутся с различными скоростями: частицы большей плотности медленнее движутся вверх в восходящей струе воды, чем частицы меньшей плотности; соответственно частицы большей плотности быстрее движутся вниз в нисходящей струе воды, чем частицы меньшей плотности. В итоге тяжелые частицы проникают в нижние слои постели, а легкие - в верхние. При обогащении руд постель расслаивается по высоте на несколько слоев из

частиц различной плотности: в нижних слоях концентрируются крупные тяжелые частицы (концентрат), выше - крупные легкие частицы в смеси с мелкими тяжелыми частицами и сrostками (промежуточный продукт), в самом верхнем слое - легкие мелкие частицы (хвосты). Под действием горизонтального потока воды постель движется вдоль решета и в конце его разгружается; нижний слой постели через шиберное устройство разгружается в подрешетное пространство отсадочной машины, верхний - через порог в слив.

При отсадке материала крупностью менее 10 мм на решето машины укладывают искусственную постель из частиц, плотность которых не меньше, а размер в 3-4 раза больше максимальной крупности разделяемого материала (отверстия в решете в этом случае превышают размер разделяемых частиц); рудный концентрат разгружается через искусственную постель и решето. В качестве постели используются металлические шарики, свинцовая дробь или крупные зерна тяжелых минералов. Искусственная постель является своего рода фильтром, пропускающим тяжелые частицы и задерживающим легкие.

В отсадочных машинах разрыхление постели и ее расслоение на тяжелую и легкую фракции обеспечивается вертикальной струей воды переменного направления.

Отсадочные машины по конструктивным признакам делятся на две группы - с подвижным и неподвижным решетом (поршневые, беспоршневые и диафрагмовые).

Отсадочные машины с подвижным решетом применяются главным образом для обогащения обесшламленной руды крупностью менее 10 мм. Производительность этих машин 2-30 т/ч, длина решета 800-1000 мм, ширина 400-1000 мм. В отсадочной машине с подвижным решетом разделение минералов происходит вследствие движения решета вверх и вниз внутри корпуса машины, заполненного водой. Тяжелый продукт разгружается через разгрузочную щель. Движение решету сообщает кривошипно-шатунный механизм. Машина не выдает высококачественных концентратов, поэтому в основном применяется она для предварительной рудной обработки. Расход воды при отсадке - примерно 2 м<sup>3</sup> на 1 т руды.

Отсадочные машины с неподвижным решетом в практике обогащения применяют весьма часто. Из этих машин для обогащения руд цветных металлов наиболее распространены диафрагмовые.

Двухкамерная диафрагмовая машина с боковым расположением диафрагмы, применяющаяся при обогащении песков крупностью 8 мм. Диафрагма из стального листа установлена между камерами. С помощью резиновой шайбы диафрагма гибко соединяется с междукамерной перегородкой. Движения диафрагме вправо и влево передаются штоком кривошипно-шатунного механизма, который приводится от электродвигателя через клиноременную передачу и шкив. Упругость диафрагмы обеспечивается соединением пластинчатой пружины конца штока с междукамерной

перегородкой. На определенной высоте камер установлены неподвижные решета. Вода под решетное пространство подается по трубе. Днища камер имеют пирамидальную форму (для создания самотека под решетным продуктом к выводным патрубкам).

При движении штока вперед диафрагма входит в правую камеру, передает движение под решетной водой, в результате чего последняя поднимается через решето, разрыхляя постель (восходящий поток). Объем левой камеры в это время увеличивается, уровень воды в ней падает, вследствие чего создается нисходящий поток, и постель уплотняется. При движении поршня назад происходят обратные явления. Число ходов диафрагмы в минуту изменяется от 300 до 500 с помощью вариатора скоростей. Ход диафрагмы составляет 0–30 мм.

Под действием восходящих и нисходящих потоков пески делятся на тяжелую и легкую фракции. Толщина естественной постели 8–9 см. Тяжелая фракция проникает через искусственную постель, собирается в пирамидальной части камер и периодически выгружается. Легкая фракция непрерывно перемещается горизонтальным потоком воды к сливному порогу и выводится из машины, чему способствует расположение решет в камерах уступом (в первой камере решета установлены выше, во второй - ниже). Расход воды при отсадке составляет 1–4 м<sup>3</sup>/т; 20 % воды поступает с питанием, 60 % подается под решето первой камеры, 20 % - под решето второй. Такое распределение воды связано с различной характеристикой обогащаемого материала в каждой камере (исходное питание в первой камере содержит больше тяжелых зерен, чем материал, поступающий во вторую камеру).

Выпускаемые серийно диафрагмовые отсадочные машины типа МОД различаются в основном числом камер (от 1 до 4), расположением диафрагмы, габаритами и производительностью. Отсадочная машина МОД-4 часто применяется при обогащении золотоносных россыпей и вольфрамовых руд.

Концентрация на столах. Обогащение (концентрация) на столах представляет собой процесс разделения минеральных частиц по плотности в струе воды, текущей по наклонной плоскости (деке) концентрационного стола, совершающей возвратно-поступательные движения (качания).

На концентрационных столах обогащают руды редких металлов и олова, а также россыпи золота.

По сравнению с более плотными частицы меньшей плотности на деке стола быстрее передвигаются силой смывного потока воды в поперечном направлении, т. е. в направлении движения потока руды, и медленнее - в продольном направлении, т. е. в направлении качания стола. Разделение частиц вдоль движения стола происходит в основном за счет сил инерции при резком изменении направления хода деки (тяжелая частица обладает большей инерцией и движется быстрее, чем легкая). Разделение частиц в поперечном направлении под действием смывной воды обусловлено в

основном различием сил трения легкой и тяжелой частицы о деку (тяжелая частица с большей силой трения движется с меньшей скоростью).

Обычно дека стола частично покрыта нарифлениями, расположенными параллельно направлению качания деки. Рифли предохраняют осевшие тяжелые частицы от сноса струей воды; эти частицы по желобкам между рифлями передвигаются к месту разгрузки.

Обогащаемый материал и смывную воду подают в верхний угол деки. Разделяемые частицы различной плотности расходятся по поверхности деки веерообразно, под разными углами смыва, перемещаясь в продольном и поперечном направлениях к разгрузочным устройствам. Более эффективно на концентрационных столах разделяется материал, предварительно расклассифицированный по крупности (с учетом коэффициента равнопадаемости).

Движением деки стола создается непрерывное разрыхление минеральных зерен и их продольное перемещение. В ходе перемещения частиц по деке происходит сегрегация - перераспределение частиц по крупности и плотности.

Для повышения показателей обогащения исходный материал рекомендуется обесшламливать (рудные частицы тоньше 25 мкм на концентрационных столах находятся во взвешенном состоянии в потоке и не обогащаются).

В зависимости от крупности обрабатываемого материала различают шламовые (крупность обогащаемого материала от 0,04 до 0,2 мм) и песковые (крупность обогащаемого материала от 0,2 до 3 мм) концентрационные столы. Песковые и шламовые столы по устройству одинаковы и отличаются только нарифлениями и режимом работы.

В зависимости от места подачи питания концентрационные столы могут иметь правое или левое (если смотреть на деку со стороны привода) исполнение.

Конструкция выпускаемых в настоящее время концентрационных столов позволяет изменять во время работы стола поперечный наклон дек до  $8^\circ$  от горизонтального положения; продольный наклон дек регулируется в пределах от  $1,5^\circ$  вверх и до  $1^\circ$  вниз от горизонтального положения.

Рабочая поверхность деки представляет собой плоскую, ровную поверхность со специальным покрытием. Рифли, изготовленные из дерева, резины или металла, в продольном направлении скашиваются по высоте и срезаются под углом  $30-45^\circ$ , что способствует расхождению продуктов веером по поверхности деки. Высота рифлей обычно составляет 6-12 мм, причем у нижнего края стола устанавливаются более высокие рифли, чем у верхнего. Расстояние между рифлями 20-45 мм.

Вначале на обогатительных фабриках применялись малопроизводительные однодечные столы. На смену им пришли многодечные столы.

Сепараторы обогащения в тяжелых средах. Обогащение в тяжелых средах представляет собой процесс разделения минералов по плотности. Плотность среды

занимает промежуточное положение между плотностью легких и тяжелых минералов; тяжелые минералы тонут, легкие - всплывают.

В качестве тяжелых сред можно использовать жидкости большой плотности (органические и неорганические) и тяжелые суспензии.

Из тяжелых органических жидкостей, предложенных для разделения минералов по плотности, наиболее часто применяют четыреххлористый углерод  $CCl_4$  (плотность  $1,6 \text{ г/см}^3$ ), бромформ  $CHBr_3$  (плотность  $2,8 \text{ г/см}^3$ ), йодистый метилен  $CH_2I_2$  (плотность  $3,3 \text{ г/см}^3$ ) и др.

К тяжелым неорганическим жидкостям, пригодным для использования в качестве разделяющей среды, могут быть отнесены растворы некоторых солей - хлористого кальция  $CaCl_2$ , хлористого цинка  $ZnCl_2$  и др.

Если смесь обесшламленных минеральных зерен погрузить в жидкость, плотность которой больше плотности легкого минерала, но меньше плотности тяжелого, то исходный материал под действием гравитационных сил с высокой степенью точности разделится на две фракции - всплывшую (легкие минералы) и осевшую (тяжелые минералы). Однако тяжелые жидкости, особенно органические, вследствие их высокой стоимости и больших затрат на регенерацию (отделение жидкости от продуктов обогащения и удаление из жидкости воды и примесей) для повторного использования применяются главным образом в лабораторной практике.

Практически разделяющей средой обычно являются тяжелые суспензии, представляющие собой взвесь в воде тонкоизмельченных частиц тяжелого вещества (ферросилиция, галенита, магнетита, гематита, пирита, барита, железной окалины и др.), называемого утяжелителем.

Обогащение полезных ископаемых в тяжелых суспензиях характеризуется высокой эффективностью и является наиболее дешевым и высокопроизводительным методом предварительной концентрации минерального сырья. Иногда обогащение в тяжелых суспензиях позволяет удалить до 50 % пустой породы и тем самым существенно увеличить производительность обогатительной фабрики. Применение этого метода позволяет вовлекать в эксплуатацию более бедные по содержанию ценных компонентов руды.

При обогащении в тяжелых суспензиях в большинстве случаев может разделяться неклассифицированный материал, обычно только требуется отделение мелких классов, обогащаемых другими методами.

Аппараты, в которых осуществляется обогащение в тяжелых суспензиях, называются сепараторами. При обогащении руд наиболее распространены конусные и барабанные сепараторы.



Конусные сепараторы целесообразно применять тогда, когда на обогащение поступает материал, отличающийся широким диапазоном крупности (4–70 мм).

Промышленные образцы конусных сепараторов имеют диаметр основания конуса от 1,8 до 6 м и соответственно рабочий объем от 3 до 84 м<sup>3</sup>. Сепаратор состоит из металлического корпуса, на котором укрепляется рама с приводом и пультом управления. От привода, состоящего из электродвигателя мощностью 7,5 кВт и червячного редуктора, приводится во вращение специальная лопастная мешалка, вращающаяся с частотой около 2 об/мин и поддерживающая стабильность суспензии. Обогащаемый материал в сепаратор подается в верхнюю часть конуса. В суспензии плотностью 2,8 т/м<sup>3</sup> материал делится на легкую фракцию, всплывающую на поверхность, и тяжелую фракцию, оседающую на дно конуса. К нижней конической части сепаратора подсоединен аэролифт, в трубу которого подается снизу при помощи форсунки сжатый воздух (8 м<sup>3</sup>/мин). Аэролифт служит для подъема смеси осевшей в конусе тяжелой фракции и суспензии на грохот для частичного отделения тяжелой фракции от суспензии. Последняя возвращается в процесс по трубе. Легкая фракция выгружается через верх сепаратора на специальный лоток и удаляется из аппарата. Для вывода суспензии на регенерацию имеется специальное устройство шибберного типа.

Производительность сепаратора СК-6А составляет от 150 до 500 т/ч. Высота сепаратора 12,4 м. Размер максимального куска руды, поступающей на разделение, зависит от диаметра трубы аэролифта, который должен быть минимум на 25 мм больше наибольшего размера куска.

При обогащении в конусных сепараторах суспензии требуется 2–2,5 м<sup>3</sup> на 1 т руды. С легким продуктом из сепаратора уходит до 1,6 м<sup>3</sup>/т суспензии, с тяжелым продуктом – до 3,7 м<sup>3</sup>/т. Расход утяжелителя при обогащении руд составляет 0,2–0,5 кг/т. На отмывку утяжелителя от продуктов обогащения расходуется около 1 м<sup>3</sup> воды на 1 т твердого.

Барабанные сепараторы делятся на спиральные и с элеваторной разгрузкой.

Спиральный барабанный сепаратор состоит из барабана, установленного под углом 2–5 °. Материал поступает в барабан по загрузочному желобу и разделяется в суспензии на легкую (всплывшую) и тяжелую (потонувшую) фракции. Легкая фракция вместе с частью суспензий транспортируется в разгрузочный желоб и выводится из аппарата. Осевшая тяжелая фракция перемещается к разгрузочному желобу двухзаходной спиралью, приваренной внутри барабана. Разгрузка тяжелой фракции в желоб и одновременное обезвоживание ее осуществляются с помощью специального подъемника с перфорированными лопастями. Барабан опирается на опорные ролики и приводится во вращение от привода через шестеренную передачу. Сепаратор имеет раму с правой и левой стойками и упорные ролики.

Конструкция барабанных сепараторов с элеваторной разгрузкой (СБЭ) в основном идентична сепараторам СБС. Основное отличие связано с разными способами удаления тяжелой фракции (в сепараторах СБЭ тяжелая фракция транспортируется продольными перфорированными лопастями).

Барабанные сепараторы выпускаются с барабаном диаметром от 1,8 до 3 м (длина барабана вдвое больше диаметра) и имеют производительность от 20 до 250 т./ч. Они предназначены для обогащения материала крупностью от 4 до 150 мм.

При обогащении в барабанных сепараторах требуется суспензии 0,6–1 м<sup>3</sup>/т руды. С легким продуктом из сепаратора уходит суспензии до 1,2 м<sup>3</sup>/т, с тяжелым продуктом - до 0,5 м<sup>3</sup>/т.

Обогащению в тяжелых суспензиях предшествует подготовка руды, которая включает дробление, промывку и классификацию. В процессе рудоподготовки необходимо стремиться к полной отмывке руды от глины и шламов, так как они повышают вязкость суспензии и ухудшают разделение.

#### **3.4.5.3. Аппараты флотационного обогащения**

После измельчения до необходимой крупности и обработки флотационными реагентами руда подвергается флотации в аппаратах, называемых флотационными машинами.

Во флотационных машинах частицы минералов сталкиваются с пузырьками воздуха. Гидрофобные частицы прилипают к ним и выносятся на поверхность пульпы в виде минерализованной пены, которая самотеком или пеносъемниками удаляется в желоб

для пенного продукта (концентрата). Гидрофильные минералы пустой породы остаются в камере и удаляются через хвостовое отверстие машины.

Применяемые в практике флотационные машины классифицируют в зависимости от способа аэрации пульпы, т. е. от способа насыщения пульпы воздухом и способа перемешивания пульпы.

По этим признакам все машины делят на три большие группы - механические, пневмомеханические и пневматические.

В механических флотационных машинах воздух засасывается в пульпу импеллером или через воронку, образующуюся при вращении его, а также через полую трубу. Распределение воздуха по всему объему пульпы и перемешивание ее осуществляется тем же импеллером, который засасывает воздух.

В пневмомеханических машинах воздух засасывается вращающимся импеллером, который перемешивает пульпу и, кроме того, дополнительно подается в пульпу под давлением по специальным воздухопроводным трубам.

В пневматических машинах аэрация пульпы осуществляется только сжатым воздухом, подаваемым от воздуходувок.

Во всех флотационных машинах осуществляется ряд последовательных операций: засасывание или подача пульпы во флотационную камеру, диспергирование воздуха на мелкие пузырьки, распределение пузырьков по всему объему пульпы, находящейся в камере, прилипание зерен флотируемых минералов к пузырькам воздуха и всплытие их в виде минерализованной пены, разгрузка концентрата и удаление хвостов.

Работа всех флотационных машин характеризуется степенью аэрации, которая определяет скорость флотации и показатели обогащения. Аэрация пульпы в свою очередь зависит от размера пузырьков воздуха, их количества и равномерности распределения по всему объему пульпы.

Размер пузырьков воздуха изменяется в широких пределах и зависит главным образом от типа машины. Так, в механических флотационных машинах, в которых происходит перемешивание пульпы и диспергация воздуха, при оптимальном расходе пенообразователя средний размер пузырьков составляет 0,8-1 мм, а в пневматических машинах средний размер пузырьков доходит до 2,5-4 мм. Объемное содержание воздуха в хорошо аэрированной пульпе составляет обычно 20-30 %.

**Механические флотационные машины** получили наиболее широкое распространение на обогатительных фабриках руд цветных металлов. Механическая флотационная машина представляет собой длинную ванну, разделенную перегородками на ряд прямоугольных камер. Эти машины изготавливаются секциями из двух камер. Первая камера является всасывающей, вторая - прямоточной. Внутри каждой камеры имеется вертикальный вал с импеллером. Вал помещен в центральную трубу, в которую вставлена трубка для засоса воздуха. Нижняя часть центральной трубы переходит в стакан, соединенный со статором. В стакане имеются боковые отверстия, закрытые пробками в прямоточных камерах, а во всасывающих к ним присоединяются патрубки, по которым засасывается пульпа. Основной рабочей деталью флотационной машины является импеллер. Он представляет собой диск с радиально расположенными вертикальными лопатками. При его вращении поток пульпы засасывает воздух, поступающий по центральной трубе, ударами лопаток импеллера пульпа и воздух перемешиваются и выбрасываются в виде пульповоздушной смеси между лопатками статора в камеру машины. Окружная скорость импеллера определяет количество засасываемого воздуха. Количество пульпы, поступающей на импеллер, должно быть оптимальным, так как увеличение ее приводит к тому, что центральная часть импеллера заполняется полностью пульпой, вследствие чего засасывание воздуха прекращается. Поэтому пульпа подается не только в центральную часть импеллера, но и на периферические участки его лопастей.

На эффективность работы импеллера оказывает влияние также плотность пульпы. Увеличение плотности приводит к снижению количества засасываемого воздуха и увеличению расхода электроэнергии.

Статор представляет собой вертикальный диск с отверстиями и лопатками, расположенными под углом 45-60 ° к радиусу диска статора. Наличие статора увеличивает количество засасываемого воздуха и способствует лучшей диспергации его. Статор с направляющими лопатками отводит от импеллера пульпу в глубь камеры без образования завихрений и увеличивает расход воздуха в машине в 2-2,5 раза.

Работает машина следующим образом. Исходная пульпа через питающий карман по патрубку поступает на импеллер всасывающей камеры, откуда периферической частью импеллера выбрасывается между лопатками статора в камеру. При этом в полости импеллера образуется разрежение, благодаря которому атмосферный воздух засасывается через центральную трубу. В вихревых потоках, отходящих от импеллера, происходит диспергация воздуха и энергичное перемешивание его с пульпой. Благодаря радиально расположенным лопаткам статора вихревые потоки, создаваемые импеллером, гасятся и в верхней части камеры образуется относительно спокойная зона разделения. Пузырьки воздуха с прилипшими к ним минералами собираются на поверхности пульпы в виде минерализованной пены и удаляются пеносьемником в желоб для пенного продукта.

Нефлотируемая часть пульпы разгружается через порог последней в ряду камеры, где установлен подвижный шибер для регулировки уровня пульпы в камере. Крупная песковая часть пульпы удаляется из камеры через песковое отверстие в нижней части перегородки между камерами.

Пена разгружается из камеры машины пеногоном или пеносьемником, который имеет индивидуальный привод. Выход полного продукта регулируется уровнем пульпы в камере, частотой вращения пеногона и количеством гребков на валу (обычно 2 или 4). Уровень пульпы в камере регулируется специальным устройством, которое устанавливается у торцевой стенки камеры. Оно состоит из прямоугольного отверстия в стенке, прикрываемого шибером, положение которого фиксируется при помощи рычага с противовесом на конце.

Наиболее совершенными являются пневмомеханические флотационные машины. Отличаются они устройством аэратора и принудительной подачей воздуха в камеры от воздуходувок.

Пневмомеханическая флотационная машина типа ФПР состоит из корпуса, пальцевого аэратора, полого вала, радиального успокоителя, воздушного коллектора, приводного механизма и пеногона (машины типа ФПР могут работать без пеногона).

Особенностью машины является конструкция пальцевого импеллера, представляющего собой диск, к которому по периметру прикреплены круглые или квадратные пальцы. Назначение импеллера этих машин отличается от назначения

импеллера механических машин - он служит для поддержания твердых частиц во взвешенном состоянии и дисперсии воздуха, поступающего по полуму валу в аэратор под избыточным давлением  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ .

Принудительная подача воздуха исключает засасывание его импеллером, поэтому окружная скорость его составляет всего лишь  $6,5-7,5 \text{ м/с}$ .

Для подачи воздуха внутрь вала в его верхней части, находящейся в корпусе подшипника, имеются три отверстия. Воздух от воздуходувки поступает в коллектор, расположенный вдоль задней стенки машины, далее по трубам через отверстия проходит внутрь вала и поступает под импеллер. Для регулировки количества поступающего воздуха на воздушной трубе установлен вентиль.

В состав аэратора кроме пальцевого импеллера входят радиальные успокоители, состоящие из набора металлических лопастей, нижняя кромка которых не доходит до дна корпуса, что предотвращает заиливание камер у стенок.

Привод импеллера состоит из электродвигателя мощностью  $9 \text{ кВт}$ , шкива и клиноременной передачи.

Пневмомеханические машины относятся к типу прямоточных. Уровень пульпы поддерживается регулятором с широким порогом слива, устанавливаемом на хвостовой камере, и количеством подаваемого воздуха. Днище и стенки камеры футеруются износостойким материалом (резиной, каменным литьем).

Практика флотации различных типов руд цветных металлов в пневмомеханических машинах показала, что скорость флотации в этих машинах выше на  $30-40 \%$ , а расход электроэнергии на  $30-40 \%$  ниже, чем в механических машинах. Применение этих машин дает большой экономический эффект, так как они при одной и той же производительности цеха флотации занимают меньше производственной площади, требуют меньших капитальных и эксплуатационных затрат.

На фабриках с большой производительностью устанавливают большеобъемные флотомшины чанового типа (рис.3.22), которые просты в эксплуатации, обладают низким расходом энергии и воздуха. Широкий диапазон размеров камер вплоть до  $630 \text{ м}^3$  позволяет компоновать эффективную и экономически целесообразную технологическую схему, не опасаясь внеплановых остановов оборудования даже в условиях повышенной производительности фабрики. Преимущества: более низкое энергопотребление, меньшая площадь установки, меньше вспомогательного оборудования, подтвержденные высокие технологические показатели на всех этапах флотационного процесса, простота в эксплуатации и техническом обслуживании.



Рисунок 3.22. Флотомашины

В **пневматических флотационных машинах** диспергирование воздуха, подаваемого в пульпу, производится продавливанием его через трубки, неподвижные или подвижные пористые перегородки (ткань, перфорированная резина, пористая керамика ит. п.). Эти машины применяются при флотации руд несложного минерального состава. Степень аэрации в пневматических машинах составляет 15–35 %. При такой аэрации пузырьки сталкиваются и коаlessцируют. Крупность пузырьков в таких машинах составляет 3–4 мм.

Наибольшее распространение из пневматических машин получили **аэролифтные машины**, в которых перемешивание и аэрация пульпы осуществляются аэролифтами. Аэролифтная флотационная машина состоит из ванны, аэролифта, аэратора. Аэролифт представляет собой центральный отсек ванны, образованный двумя вертикальными стенками, не достигающими до дна машины. К аэратору, выполненному в виде сварной коробки и заканчивающемуся щелью, по двум воздуховодам подводится воздух, который распределяется по всей ширине щели аэратора. Пульповоздушная смесь

благодаря направляющим щитам поступает в боковые отсеки машины. Воздух к аэратору подается под избыточным давлением 0,2-0,3 кгс/см<sup>2</sup> от центрального коллектора по воздуховоду, который снабжен задвижками.

Перемешивание и диспергирование пульпы осуществляются вследствие разности плотности пульповоздушной смеси в центральном и боковом отсеке. В боковых отсеках пульпа более тяжелая и менее насыщена воздухом, поэтому она опускается вниз, где насыщается воздухом и поднимается по центральному отсеку вверх с образованием минерализованной пены, которая выбрасывается в боковые отсеки, откуда удаляется в пенные желоба с двух сторон машины. Воздух, необходимый для перемешивания и транспортировки пульпы, удаляется в атмосферу через отверстия.

В вертикальных пневматических машинах (**флотационных колоннах**) применяется принцип минерализации воздушных пузырьков при противоточном движении воздушных пузырьков и минеральных частиц. Колонна имеет высоту более 10 м и диаметр до 450 мм.

В верхней части колонна имеет трубу для подачи промывной воды и трубу для выпуска пенного продукта. Ниже уровня пульпы расположен трубопровод для подачи питания. В нижней части башня соединяется со слегка расширяющимся основанием, внутри которого находится диффузор (конус с пористой поверхностью). Дно основания заканчивается воронкой, соединенной с трубой для выпуска хвостов.

Технология на основе колонной флотации в колонных флотомашинах диаметром до 5 м и высотой 8–16 м с аэраторами СлэмДжет и кавитационными аэраторами для разных применений. Колонные флотомшины отличаются:

- низкими капитальными и эксплуатационными затратами;
- малой занимаемой площадью по сравнению с производительностью;
- отсутствием движущихся частей и минимальными затратами на обслуживание и ремонт;
- большой высотой пенного слоя (1-2 м) и системой промывки пенного слоя, позволяющей получать концентраты более высокого качества по сравнению с традиционными флотомашинами;
- простотой управления и возможностью различной степени автоматизации;

аэраторами СлэмДжет которые принципиально отличаются от других типов аэраторов следующим: давление воздуха саморегулируется и балансируется, автоматическое отключение во время внезапного отключения электроэнергии для предотвращения попадания твердых частиц в систему аэрации, запатентованный дизайн, прост в эксплуатации, требует минимального обслуживания, гарантированно низкий износ, различные типоразмеры для адаптации к производительности и типу сырья, компактные по размеру, быстрый и легкий демонтаж, быстрая, легкая и недорогая замена форсунок.

Аэраторы СлэмДжет широко используются для инъекции воздуха/кислорода в емкости для выщелачивания на фабриках, работающих по методу "уголь (смола) в пульпе"/"уголь (смола) в щелоке".

Преимущества СлэмДжет заключаются в следующем:

более высокие уровни растворенного кислорода (РК) по сравнению с традиционными системами;

наиболее экономичная система для достижения высоких уровней РК;

повышение кинетики выщелачивания;

повышение скорости растворения золота;

снижение потребления цианида;

снижение потребления воздуха для достижения высоких уровней РК;

улучшение растворения металла;

снижение эксплуатационных затрат и затрат на обслуживание.

#### 3.4.5.4. Аппараты для обезвоживания

Первой стадией обезвоживания является **сгущение**. Сгущение представляет собой процесс обезвоживания пульпы путем осаждения содержащихся в ней твердых частиц **под действием** силы тяжести. При этом выделяется два продукта верхний - чистая жидкая фаза или слив с некоторым содержанием твердого и нижний - сгущенный продукт с содержанием 40–60 %. Аппараты, в которых осуществляется, сгущение называются сгустителями.

При нормальном заполнении сгустителя пульпой и устоявшемся режиме можно выделить несколько зон сгущения: осветленной жидкости, свободного или стесненного падения (начальной плотности), уплотнения (сжатия) и сгущенной пульпы.

Эффективность процесса сгущения определяется свойствами сгущаемого продукта и конструктивными особенностями сгустителя. Чем крупнее частицы и чем выше их плотность, тем они быстрее оседают. Тонкие частицы, обладающие небольшой скоростью оседания, и глинистые минералы (каолин и др.), разбухающие в воде и обволакивающие поверхность других минералов образуют устойчивую, плохо сгущающуюся суспензию, мельче 0,1 мкм практически не осаждаются (коллоидное состояние).

Если твердые частицы пульпы способны слипаться друг с другом с образованием агрегатов, сгущение проходит более интенсивно. Это явление используют в практике для ускорения плохо сгущаемых пульп, состоящих из тонких частиц. Для этого в пульпу добавляют специальные реагенты - электролиты-коагулянты и флокулянты. В качестве электролитов коагулянтов применяют известь, хлористый кальций, железный купорос, хлорное железо, алюмокалиевые квасцы, сульфат, и другие реагенты, которые в результате взаимодействия с поверхностью минеральных частиц снижают действие электрических зарядов поверхности. Это приводит к уменьшению сил отталкивания и вызывает слипание частиц (коагуляция).



Сгустители представляют собой цилиндрические чаны с механической выгрузкой осадка. В зависимости от устройства приводного механизма сгустители разделяются на аппараты с периферическим и центральным приводами. Последние могут быть одно- и многоярусными, т. е. с одним или несколькими чанами, установленными один над другим, с одним центральным приводом (сгустители с периферическим приводом бывают только одноярусные).

Одноярусные радиальные сгустители с центральным приводом выпускаются с чаном диаметром от 2,5 до 18 м. Пульпа загружается в чан через центральную загрузочную воронку, нижний конец которой находится ниже уровня зоны осветленной воды. Осадок сгребается граблинами к центру, откуда выкачивается через разгрузочный конус диафрагмовым или центробежным песковым насосом. Слив удаляется через кольцевой желоб. Вал с граблинами может подниматься и опускаться, что очень важно при перегрузках для предотвращения поломок механизма.

Сгустители с периферическим приводом имеют чан диаметром от 18 до 100 м. По окружности сгустителя уложен монорельс, по которому движется тележка с приводным механизмом, приводящим в движение ферму с гребковым механизмом. Частота вращения механизма составляет до 0,1 об/мин.

Полученный в результате сгущения продукт для обезвоживания поступает на вторую стадию обезвоживания - фильтрацию. **Фильтрация** представляет собой процесс выделения твердых частиц из пульпы в результате просасывания ее через пористую перегородку - фильтровальную ткань. При этом на ткани остается твердая фаза – кека, а жидкая – фильтрат просачивается через ткань и может быть использована повторно в процессах обогащения.

Фильтрация продуктов обогащения производится в специальных аппаратах непрерывного и периодического действия - вакуум-фильтрах. По виду фильтрующей поверхности фильтры подразделяются на барабанные, дисковые и ленточные.

Барабанный вакуум-фильтр представляет собой горизонтальный барабан, обтянутый фильтровальной тканью и помещенный в ванну, заполненную фильтруемой пульпой. С внешней стороны барабан разделен на неглубокие ячейки, покрытые перфорированными решетками, внутренние полости которых соединены трубами с концевыми цапфами фильтра. Между решетками соседних ячеек вдоль барабана имеются пазы, в которые резиновыми жгутами утопляется ткань, в результате чего устраняется сообщение ячеек между собой под тканью. Для закрепления ткани на барабане и жгутов в пазах барабан обматывается мягкой проволокой с шагом 30–40 мм. С обеих сторон по оси барабана имеются цапфы, к торцам которых примыкают распределительные головки, регулирующие режим работы фильтра. В головке имеется три или четыре полости.

Если фильтр предназначен для фильтрации с промывкой кека, то имеется две полости, с помощью которых фильтровальная поверхность барабана сообщается с

вакуумом, через одну полость отводится фильтрат, через другую – промывные воды. В две меньшие по размеру полости подается сжатый воздух для отдувки обезвоженного кека. Если фильтр работает без промывки, перегородки между двумя первыми полостями отсутствуют, и они работают в одном режиме.

На цапфе барабана имеется подвижная шайба с окнами по числу ячеек барабана. При вращении барабана происходит совмещение окон подвижной шайбы с полостями головки и соответствующие ячейки выполняют те или иные функции.

Таким образом, процесс фильтрования осуществляется по следующим циклам. В процессе вращения барабана ячейки, находящиеся в пульпе, находятся под вакуумом и в этой зоне происходит набор или налипание кека на ткань. После выхода барабана из зоны пульпы ячейки продолжают находиться под вакуумом, в результате чего через кек просасывается воздух и происходит просушка кека. Выделяющийся из кека в эти периоды фильтрат (во время набора кека и просушки) удаляется по трубам через вакуумное окно распределительной головки. Когда по горизонтальной оси барабана остаются две ячейки в головке, вакуум переключается на давление и происходит отдувка (сброс) кека, который через специальный люк падает на конвейер и подается на сушку или склад готовой продукции. Барабанные вакуум-фильтры изготавливаются в обычном исполнении из углеродистой стали и в кислотостойком исполнении с применением нержавеющей стали и кислотостойкой резины. Площадь фильтрования промышленных аппаратов составляет 5, 10, 20, 40 и 100 м<sup>2</sup> при диаметре барабана от 1,76 до 4,2 м. Для предотвращения оседания в ванне крупнозернистого материала устанавливается специальная мешалка, представляющая собой решетчатую раму, или пульпа подается в ванну через днище с помощью насоса. Лишняя пульпа из ванны удаляется через переливное окно в коробку перелива и поступает в систему питания фильтра. Кек с ткани снимается вертикальными ножами, обычно гуммированными резиной, или в результате отделения ткани от поверхности барабана с помощью специального валика с перегибом ее и последующей двусторонней промывкой.

Дисковые вакуум-фильтры отличаются от барабанных тем, что в них фильтровальная поверхность представлена боковыми сторонами дисков, установленных на горизонтальном валу и работающих аналогично барабанному фильтру. Диски, так же, как и барабан, вращаясь на валу, погружаются в пульпу, набирая на поверхность слой кека, затем проходят зону просушки и отдувки.

**Сушка** – это процесс удаления влаги из продуктов путем ее испарения под действием температуры. В цикле обогащения руд сушка применяется для доведения продукта обогащения (концентрата или промпродукта) до воздушно сухого состояния, позволяющего транспортировать его на значительные расстояния. В случае транспортирования влажных и мокрых "продуктов в зимнее время они смерзаются, выводят из строя транспортный состав и затрудняют размораживание и выгрузку

замерзшего продукта перед подачей в металлургическое производство. Допустимая для транспортирования влажность продуктов составляет 3–4 %.

Жесткие требования по влажности предъявляются и к продуктам, загружаемым в металлургические агрегаты. Например, для обжига и плавки в отражательных, перед электроплавкой - 2 %, а перед взвешенной плавкой - 1 %. Поэтому выбор сушильного аппарата и характер сушки зависят прежде всего от требований, которые предъявляются к высушенному продукту последующим технологическим переделом.

Сушка продуктов обогащения на обогатительных фабриках производится главным образом в барабанных сушилках, в ряде случаев применяются аппараты и другой конструкции.

Барабанные сушилки представляют собой вращающийся наклонный барабан с топкой, в котором сушка происходит в результате непосредственного контакта продуктов горения (газов) с материалом. Влажный концентрат попадает из бункера через тарельчатый питатель и течку в загрузочную камеру и затем непосредственно в барабан сушилки.

С этого же конца в барабан из топки поступают продукты горения (пылеуголь, мазут или газ). На внутренней стенке барабана имеются специальные лопатки, которые при вращении захватывают сушильный продукт, поднимают его до верхней точки вращения, откуда он высыпается и в процессе падения, обдуваясь горячими газами, сушится. Высушенный продукт разгружается в нижнем конце барабана через разгрузочную камеру. Увлеченные потоком горячих газов тонкие сухие частицы улавливаются в электрофилтре. Продукты горения топлива просасываются через барабан с помощью дымососа.

Барабанные сушилки выпускают с барабаном диаметром от 1 до 3,5 м и длиной от 4 до 27 м. Угол наклона барабана 3-5 °; частота вращения - 2- 5 об/мин. Температура продуктов сгорания на входе в барабан колеблется от 600 до 1200 ° С (в зависимости от природы сушеного продукта), на выходе от 60 до 150° С. Производительность барабанных сушилок, в зависимости от размера, свойств и влажности материала и температуры газов, составляет для пиритных, медных, медно-никелевых, цинковых, свинцовых концентратов 4- 42 т/ч. Влажность сушеного продукта может достигать 4 %.

Для глубокой сушки медной шихты перед кислородно-взвешенной плавкой устанавливают трубы-сушилки. Сушке подвергается продукт, предварительно высушенный в барабанных сушилках до содержания влаги 5 – 7 %. Установка трубы-сушилки включает в себя топку на природном газе с двумя дутьевыми вентиляторами для подачи воздуха на горение газа и разубоживание продуктов сгорания, растопочную трубу, питатель-забрасыватель, подающий концентрат на сушку, трубу-сушилку диаметром 0,9 м и высотой 25 м, в которой происходит

непосредственно сушка, и трехступенчатую систему пылеулавливания, состоящую из двух групп четырехэлементных циклонов диаметром 850 мм и двух электрофильтров ОГ- 4- 16. Отработанные газы дымососом выбрасываются через трубу в атмосферу.

Труба-сушилка имеет производительность 60–80 т/ч, выдает продукт с конечной влажностью 0–1 %. Температура сушильного агента (газа) на входе в сушилку равна 300-500 °С, на выходе 800-1000 °С; расход природного газа составляет 500–700 м<sup>3</sup>/ч.

В последнее время на обогатительных фабриках для сушки медных, молибденовых, никелевых и оловянных концентратов применяют распылительные сушилки, представляющие собой сушильную камеру с коническим дном. В сушилку сверху через специальное устройство (распылитель) под давлением закачивают пульпу, которая тонко распыляется и закручивается по камере потоком горячего газа с температурой 600–700 °С. Отработанный газ подвергается очистке, а высушенный до 0–3 % влажности концентрат выгружается через коническое днище камеры. Широкое применение сушилок этого типа объясняется высокой скоростью (15–30 с) и эффективностью сушки сгущенного продукта, минуя операцию фильтрования.

#### **3.4.6. Технология обогащения руд цветных металлов (включая драгоценные)**

Химический и минералогический состав руд оказывает главное влияние на полноту и комплексность извлечения полезных компонентов при обогащении руд и последующей металлургической переработке. Состав полученных при обогащении концентратов во многом определяет состав продуктов, получаемых при металлургической переработке сырья.

Руды цветных металлов - комплексные, помимо основных металлов - меди, свинца, цинка, никеля, кобальта, они содержат также золото, серебро, кадмий, индий, селен, теллур, рений, таллий, галлий, и другие минералы, и элементы. Руды цветных металлов разнообразны по химическому, минеральному составу, степени окисленности, и, соответственно, обогатимости.

Основные промышленные медные руды: медистые песчаники; меднопорфировые; медно-колчеданные, кварцево-сульфидные (жильные), ванадиево-железомедные (магматические); медно-вольфрамовые, медноникелевые; медно-висмутовые; медно-оловорудные; медно-золоторудные.

Основные руды цинка: полиметаллические (медно-свинцово-цинковые); свинцово-цинковые; медно-цинковые.

Для выбора схемы обогащения необходимо учитывать минералогический, фазовый и химический анализы руд, характер вкрапленности минералов, содержание глины, первичных шламов и многое другое. Химический анализ устанавливает общее содержание элемента в анализируемом материале - руде или продуктах обогащения (например, концентрацию меди и цинка в руде, концентрате и хвостах). Минералогический и фазовый составы показывают, в виде каких именно соединений

находится элемент в анализируемом материале, и определяют количественное содержание этих соединений (например, какая часть меди в руде присутствует в виде халькопирита, а какая в виде халькозина).

Конечной продукцией обогатительной фабрики являются концентраты, требования к которым определяются ГОСТами или ТУ. Составы концентратов также определяются с помощью анализов.

В таблице 3.29 приведены данные о важнейших минералах, входящих в состав руд цветных металлов.

Таблица 3.29. Основные минералы, входящие в состав руд цветных металлов

№ п/п	Минерал	Химическая формула	Минерал	Химическая формула
1	2	3	4	5
	Минералы меди		Минералы железа	
	Халькопирит	$\text{CuFeS}_2$	Гематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
	Халькозин	$\text{Cu}_2\text{S}$	Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
	Борнит	$\text{Cu}_2\text{FeS}_4$	Лимонит	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
	Ковеллин	$\text{CuS}$	Пирит	$\text{FeS}_2$
	Куприт	$\text{Cu}_2\text{O}$	Пирротин	$\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$
	Малахит	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Арсенопирит	$\text{FeAsS}$
	Азурит	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Ферриты	$\text{MeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
	Хризоколла	$\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Минералы никеля	
	Минералы цинка		Миллерит	$\text{NiS}$
	Сфалерит	$\text{ZnS}$	Никелин	$\text{NiAs}$
	Смитсонит	$\text{ZnCO}_3$	Петландит	$2\text{FeS} \cdot \text{NiS}$
	Каламин	$\text{ZmSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Минералы вмещающей породы	
	Минералы свинца		Кальцит	$\text{CaCO}_3$
	Галенит	$\text{PbS}$	Кварц	$\text{SiO}_2$
	Церуссит	$\text{PbCO}_3$	Тальк	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Англезит	$\text{PbSO}_4$	Диаспор	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Совокупность и последовательность операций, которым подвергается руда при обогащении, путь движения руды и продуктов обогащения от одной операции к другой называются технологической схемой обогащения:

если на технологической схеме указано содержание металла в руде и продуктов обогащения, крупность продуктов, то такая схема называется качественной технологической схемой;

если на схеме указано количество продуктов, то она называется количественной;

если приведены данные по количеству воды в каждой операции, то она называется водно-шламовой;

если указаны тип и количество оборудования, то называется схемой цепи аппаратов. Таким образом, схема цепи аппаратов является графическим изображением обогатительной фабрики.

В зависимости от детализации расчетов схемы обогащения могут подразделяться на принципиальные и полные. На принципиальных схемах изображаются отдельные циклы и стадии обогащения, исходные и конечные продукты каждой стадии и цикла, а на полных все операции и продукты.

Схемы флотации отличаются по числу стадий и циклов обогащения, по числу перемешиваний концентрата и контрольных флотаций хвостов в отдельных циклах, по точкам, в которые возвращаются промпродукты в цикл флотации. Число стадий и циклов обогащения являются наиболее важным отличительным признаком, определяющим принципиальную схему флотации.

При обогащении полиметаллических руд (в зависимости от их состава) могут получаться 2–3 и более концентратов. В зависимости от минералогического состава и содержания металлов полиметаллические руды можно разделить на 4 группы:

**сплошные сульфидные руды с высоким содержанием цветных металлов.** Эти руды состоят в основном из сульфидов свинца, меди, цинка и железа. Общее содержание сульфидов в рудах - 75–90 %, суммарное содержание цветных металлов - 6–15 %. Обычная схема обогащения - последовательно-селективная схема (прямая селективная) - полезные минералы выделяются последовательно в отдельные концентраты. Каждый последующий компонент выделяется из хвостов предыдущей флотации. Отвальными будут последние хвосты, а в случае, если они богаты серой - они могут быть использованы как пиритный концентрат. Если же содержание пустой породы в руде более 15–20 %, то хвосты будут иметь содержание серы ниже кондиционного. В этом случае предпочтительнее схема с предварительной коллективной флотацией;

**сплошные сульфидные руды с низким содержанием цветных металлов и высоким содержанием серы.** К этой категории относится большинство медно-цинковых пиритных руд. Содержание меди в таких рудах 1–2 %; цинка 1–2,5 %. Для обогащения таких руд обычно используется коллективно-селективная схема - получают богатые пиритные хвосты и коллективный медно-цинковый концентрат. Затем идет селективная флотация - медь и цинк выделяются в самостоятельные концентраты;

**вкрапленные полиметаллические сульфидные руды высоким содержанием цветных металлов** - свинцово-цинковые, медно-цинковые. Суммарное содержание свинца, меди и цинка - 8–15 %. При крупной вкрапленности обычная схема обогащения - прямая селективная; при агрегатной вкрапленности предпочтительнее схема с предварительной коллективной флотацией;

**вкрапленные полиметаллические сульфидные руды низким содержанием цветных металлов.** Суммарное содержание свинца, меди и цинка не выше 2–4 %, содержание пирита 30–40 %. По экономическим соображениям предпочтительнее схемы с предварительной коллективной флотацией.

#### **3.4.6.1. Процессы рудоподготовки**

При подготовке полезных ископаемых к обогащению в процессе их дробления и измельчения изменяются физические и химические свойства минеральных комплексов: увеличивается число дефектов кристаллической решетки, изменяются структура минералов и форма частиц, увеличивается поверхность, раскрываются сростки ценных и породообразующих компонентов, образуются микропоры, микротрещины. Существенно возрастает реакционная способность твердых тел, увеличивается каталитическая активность поверхности, скорость протекания химических реакций на межфазных границах. Приобретенная активность во времени изменяется, продолжительность максимума активности  $10^{-5} - 10^{-7}$ .

Реагенты интенсифицируют измельчение – повышаются производительность мельниц и тонина измельчения, и обогатительный (флотационный) процесс. Реагенты могут влиять на измельчение, снижая твердость и прочность измельчаемого материала, предотвращая коагуляцию вновь образованных тонких частиц, закрывая микротрещины на поверхностях и внутри частиц материала, изменяя вязкость пульпы.

Эффективность применения реагентов зависит от их типа и расхода. Положительные результаты при рудоподготовке дают органические и неорганические реагенты. Из органических реагентов рекомендуются низкомолекулярные соединения из класса спиртов, кетонов, аминоалкоголей, полигалоидных производных алканов и карбоновых кислот, из неорганических – соли металлов.

#### **3.4.6.2. Медные сульфидные руды**

К промышленным медным сульфидным рудам относят руды, содержащие более 0,3 %–0,4 % меди, которая не менее чем на 85 %–90 % представлена сульфидными минералами.

Для характеристики содержания меди в рудах принята следующая условная классификация:

- руды богатые - более 1 % Cu;
- руды среднего качества - от 0,5 % до 1 % Cu;
- руды весьма бедные - менее 0,5 % Cu.

Медные руды разделяют на сульфидные, оксидные и смешанные. В первичных рудах большинства промышленных месторождений медь присутствует в сульфидной форме. В зоне окисления она представлена карбонатами, силикатами, сульфатами, оксидами и другими соединениями. Медьсодержащие руды на 90–95 % перерабатываются флотацией и лишь 5 – 10 % руд подвергается

гидрометаллургической переработке, плавке и другим методам обогащения (химическое и бактериальное выщелачивание). Успешное флотационное обогащение медных руд определяется характером медных минералов, содержащихся в руде, и сопутствующих ценных минералов (цинка, свинца или железа), и минералов пустой породы.

В природе известны 167 минералов меди, из которых лишь 10 имеют промышленное значение. Главными из них являются сульфиды меди, обычно содержащие железо, реже - сурьму и мышьяк. В смешанных и окисленных рудах содержатся окислы и карбонаты меди, а иногда сульфат меди - халькантит  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Промышленное значение имеет также самородная медь. В медных рудах часто присутствуют минералы железа, молибдена, вольфрама, свинца, кобальта, рения, мышьяка. В значительных количествах есть золото и серебро, а также ванадий [33].

Сульфидные медные руды обладают высокой флотационной активностью, поэтому они довольно хорошо обогащаются методом флотации.

Месторождения меди разделяют на 9 геолого-промышленных типов (медно-никелевые, железоникелевые в габброидах, карбонатитовые, скарновые, медно-порфиновые, кварцево-сульфидные, самородная медь, медистые песчаники и сланцы), входящих в 6 генетических групп (I. Магматическая; II. Карбонатитовая; III. Скарновая; IV. Гидротермальная; V. Колчеданная; VI. Стратиформная).

Медистые песчаники состоят на 85–99 % из минералов пустой породы - песчаников, кварца, полевого шпата, кальцита, хлорита, серицита и др. Содержание сульфидов в руде составляет до 15 %. Основными рудными минералами являются халькопирит, халькозин и борнит. Присутствуют также ковеллин и блеклая руда. В зоне окисления встречаются малахит, азурит, брошантит, куприт, хризоколла. К окисленным рудам относятся руды с содержанием окисленной меди не более 10 %.

Меднопорфиновые (вкрапленные) руды характеризуются невысоким содержанием сульфидов (не более 4-3 %). Пустая порода обычно представлена гранитоидами. Как правило, эти руды содержат молибден, который имеет промышленное значение и извлекается наряду с медью. Сульфидные минералы в рудах представлены в основном халькопиритом, халькозином, борнитом, пиритом, молибденитом и другими сульфидами. В зоне окисления присутствуют также малахит, азурит и другие окисленные минералы меди.

Медные колчеданные руды характеризуются высоким содержанием сульфидов (35-90 %), представленных в основном пиритом. Кроме него и халькопирита присутствует сфалерит. Особенностью этих руд является тонкая взаимная вкрапленность сульфидных минералов, доходящая иногда до эмульсионной. Это очень затрудняет разделение сульфидных минералов.



Порфиновые руды флотировались наиболее легко. Эти руды, как правило, имеют мощные запасы, что позволяет строить обогатительные фабрики большой мощности. Примером переработки таких руд являются обогатительные фабрики В17, С3, С5.

Фабрики В14 перерабатывают медистые песчаники (медные сульфидные руды), основными рудными минералами в которых являются борнит, халькозин и халькопирит. Нерудные минералы представлены кварцем, полевыми шпатами, карбонатами, серицитом и хлоритом. Размер вкрапленности медных минералов составляет 0,01-0,2 мм. Руда характеризуется большой крепостью, трудной дробимостью и измельчаемостью. Схема обогащения предусматривает измельчение руды перед флотацией до 63–65 % класса -0,074 мм и отдельную флотацию песков и шламов.

### **Технологическое описание В14 №1**

На фабрике В14 № 1 перерабатываются сульфидные медные руды подземной добычи. Переработка ведется по двум обособленным технологическим цепочкам. Это связано с тем, что до 1989 года на фабрике В14 № 1 перерабатывались два типа руды: сульфидная медная и сульфидная медно-свинцовая, технология обогащения которых не допускала их смешивания.

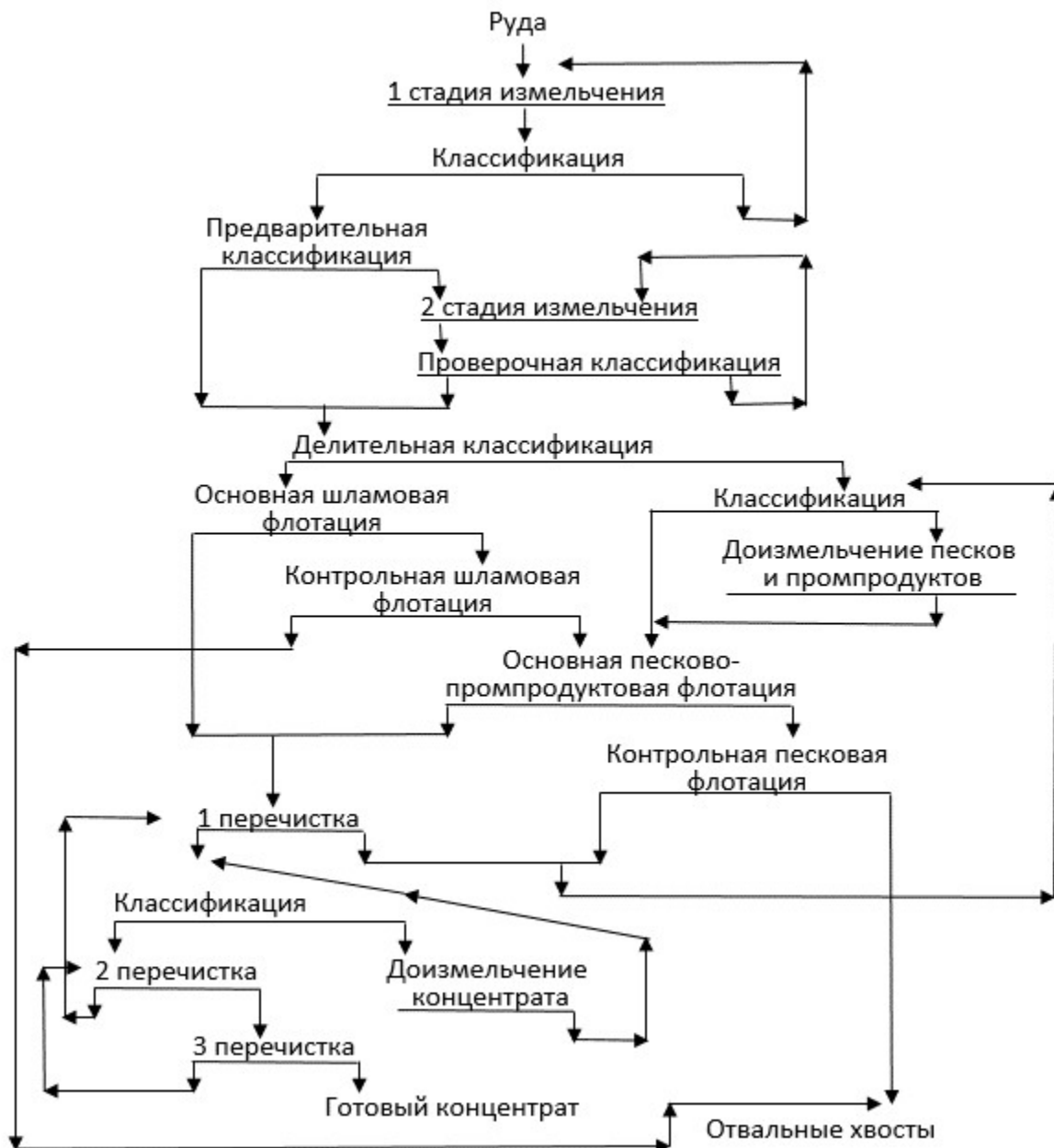
Дробление осуществляется по двум изолированным технологическим цепочкам: цепочка трехстадиального дробления с замкнутым циклом в третьей стадии и цепочка четырехстадиального дробления с замкнутым циклом в четвертой стадии.

Описание трехстадиальной схемы дробления в КД-1.

Руда от рудников доставляется в 100-тонных гондолах, разгружающихся роторным вагоноопрокидывателем и в 95-тонных саморазгружающихся думпкарах. Думпкары разгружаются в оба приемных бункера, гондолы только в приемный бункер, где установлен роторный вагоноопрокидыватель. Из бункера руда подается 12-метровым питателем тяжелого типа на колосниковый грохот. Надрешетный продукт поступает в дробилку. Дробленая руда и подрешетный продукт колосникового грохота пластинчатым питателем и цепочкой конвейеров подается на склад дробленой руды. Из склада пластинчатыми питателями, ленточными конвейерами руда подается на колосниковый грохот. Надрешетный продукт поступает на вторую стадию дробления в дробилку. Дробленая руда и подрешетный продукт колосникового грохота объединяются и цепочкой конвейеров подаются на катучий реверсивный конвейер, который равномерно загружает промежуточный бункер. Из бункера руда барабанными питателями подается на виброгрохоты. Надрешетный продукт грохотов конвейером подается в дробилку третьей стадии. Дробленый продукт цепочкой конвейеров объединяется с дробленным продуктом второй стадии дробления и загружается в промежуточный бункер. Подрешетный продукт грохотов 0–20 мм конвейерами подается в параболический бункер главного корпуса ГК-1.

Описание четырехстадиальной схемы дробления в КД-1.

Руда от рудника до обогатительной фабрики перевозится в 95-тонных думпкарах и разгружается в приемный бункер. Из бункера руда подается пластинчатым питателем тяжелого типа на колосниковый грохот. Надрешетный продукт поступает в дробилку. Дробленая руда и подрешетный продукт колосникового грохота поступают на пластинчатый питатель и конвейером подается на вторую стадию дробления в дробилку. Дробленый продукт конвейером подается на виброгрохот. Надрешетный продукт +20 мм подается на третью стадию дробления в дробилку. Подрешетный продукт поступает на конвейер и совместно с дробленным продуктом третьей стадии дробления конвейерами подается на виброгрохот на предварительное грохочение. Надрешетный продукт дробится в дробилке и конвейерами возвращается на повторное грохочение на грохот. Подрешетный продукт конвейером направляется в параболический бункер главного корпуса.



### Рисунок 3.23. Схема обогащения руд на обогатительной фабрике В14 №1

Из бункера дробленая руда ленточными питателями с регулируемой скоростью и конвейерами подается в мельницы первой стадии измельчения, которые работают в замкнутом цикле с односпиральными классификаторами. Слив классификатора самотеком поступает на насосы, откуда материал поступает в гидроциклоны диаметром 750 мм предварительной классификации (первый прием). Пески гидроциклонов поступают в мельницы второй стадии. Разгрузка мельниц второй стадии насосами перекачивается на поперечную классификацию в гидроциклоны диаметром 750 мм (второй прием). Пески гидроциклонов возвращаются в мельницы, а слив первого и второго приемов направляются в зумпфы. Из зумпфа насосами материал перекачивается на делительные гидроциклоны диаметром 750 мм. Слив делительных гидроциклонов направляется на шламовую флотацию во флотационные машины, а пески самотеком направляются в промпродуктовые зумпфы доизмельчения, откуда насосами совместно с промпродуктами подаются на гидроциклоны диаметром 750 мм. Пески гидроциклонов поступают в мельницы доизмельчения.

Разгрузка мельниц и слив гидроциклонов объединяются и насосами направляются на песково-промпродуктовую флотацию. Для распределения пульпы по ниткам перед флотомашинами установлены пульподелители.

Концентрат основной песковой и шламовой флотации всех секций поступает на первую перечистку. Концентрат первой перечистки направляется на классификацию. Слив классификатора подвергается двухкратной перечистке. Пески классификатора доизмельчаются в мельницах доизмельчения концентрата, работающих в замкнутом цикле с классификаторами.

Концентрат контрольной песковой флотации, хвосты первой перечистки совместно с песками делительных гидроциклонов после классификации в гидроциклонах и доизмельчения в промпродуктовых мельницах объединяются с пенным продуктом контрольной шламовой флотации и направляются на песково-промпродуктовую флотацию.

Концентраты третьих перечисток поступают в сгуститель и оттуда насосами перекачиваются в главный корпус №2 в зумпфы насосов, перекачивающих концентраты двух фабрик на медьзавод.

Хвосты контрольной шламовой и песковой промпродуктовой флотации являются отвальными и после опробования направляются в хвостохранилище.

### **Технологическое описание В14 №2**

Переработка медных сульфидных руд предусматривает трехстадиальное дробление с открытым циклом в последней стадии, трехстадиальное измельчение на десяти секциях, двухстадиальное – на двух секциях, отдельную флотацию песковой и шламовой фракции.

## Описание технологической схемы дробления руды в КД-2.

Руда на фабрику перевозится в самопрокидывающихся думпкарах грузоподъемностью 95 тонн. Руда опрокидывается в приемные бункеры дробилок. Из-под каждой дробилки руда транспортируется одним из двух пластинчатых питателей на тяжелые конвейеры, затем подается на катучие конвейеры, которые распределяют руду по промежуточным бункерам дробилок среднего дробления. Из бункера руда посредством пластинчатых питателей подается на грохоты на предварительное грохочение. Надрешетный продукт грохотов поступает в дробилки, подрешетный продукт направляется на катучие конвейеры. Дробленый продукт среднего дробления поступает на катучие конвейеры, которые могут подавать руду на любой из трех тяжелых конвейеров, транспортирующих ее на три катучих конвейера, подающих руду на склад или на конвейеры. Катучие конвейеры могут направлять руду на межфабричный конвейер, который транспортирует руду в склад КД-1. Подрешетный продукт грохотов направляется в бункер дробленой руды главного корпуса №2. Разгрузка руды со склада производится электровибрационным и ленточными питателями. Со средней части склада руда через электро-вибропитатели поступает на конвейер, подающий руду на конвейер. С остальной части склада питатели подают руду на конвейеры, которые транспортируют ее в промежуточные бункеры дробилок мелкого дробления. Из бункера питателями руда подается на грохоты с резиновыми ситами с ячейками. Надрешетный продукт грохотов поступает в дробилки. Разгрузка дробилок и подрешетный продукт объединяются и поступают на катучие конвейеры, которые, как и в цикле среднего дробления, могут подавать руду на любой из конвейеров. Конвейеры транспортируют руду соответственно на катучие конвейеры. Конвейеры подают дробленую руду через конвейеры в бункер главного корпуса № 2.

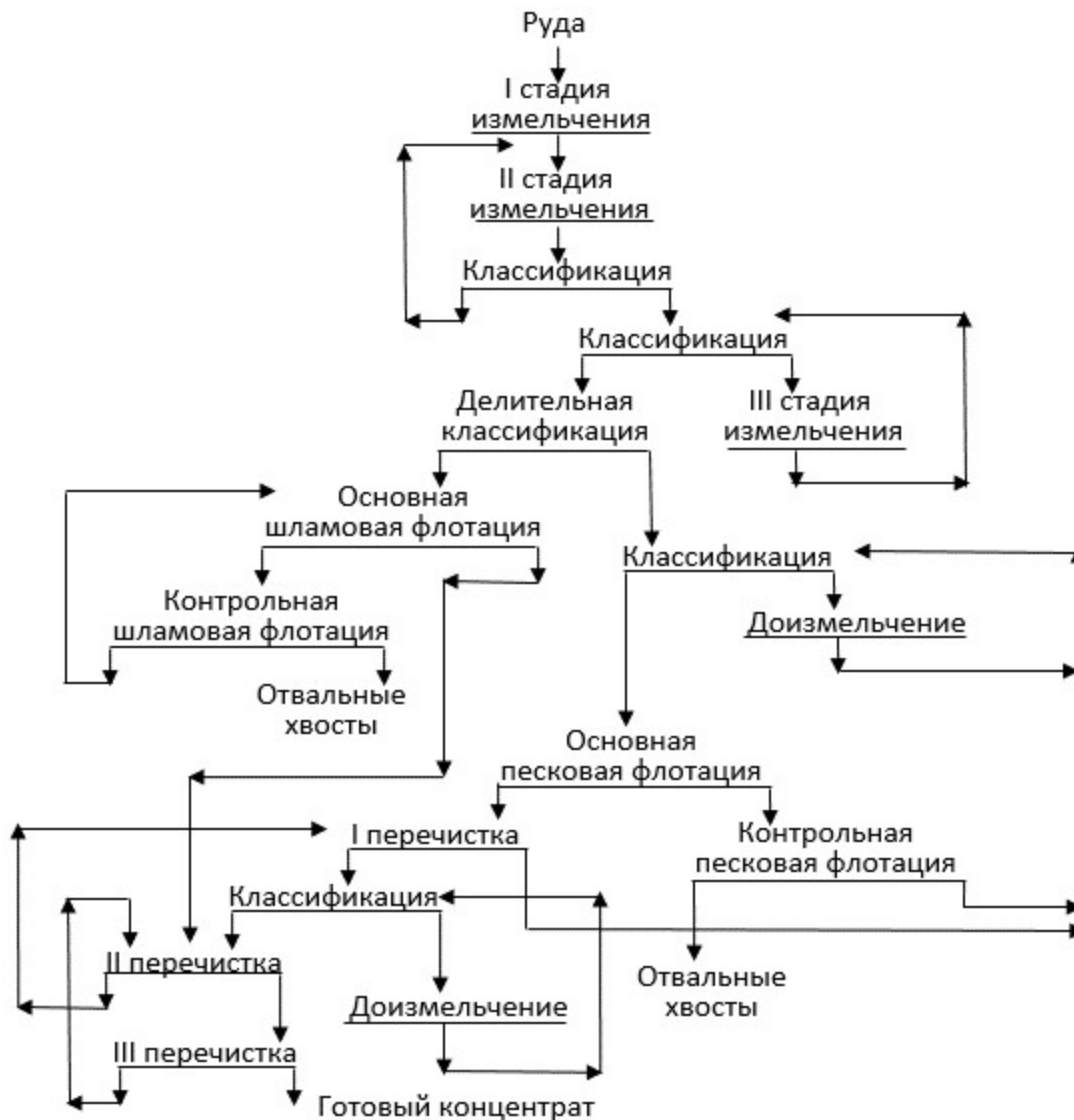


Рисунок 3.24. Схема обогащения руд на обогатительной фабрике В14 №2

Основную роль в процессе флотации играют реагенты. Применяемые реагенты относятся к разнообразным классам органических и неорганических соединений.

На фабрике применяются следующие реагенты:

натрий сернистый технический (натрия сульфид) применяется при флотации всех сортов руд в качестве сульфидизатора и регулятора среды, для сульфидизации окисленных минералов меди в руде и осаждения ионов тяжелых металлов в оборотной воде. Подается в процесс измельчения и флотации в виде водного раствора 7–8 % концентрации. В сухом виде хранится на складе. Сернистый натрий выпускается в сыпучем виде (гранулированный, чешуированный) и виде монолита. Сернистый натрий горючее и токсичное вещество, пожаро-, взрывобезопасен, хорошо растворим в воде, при соприкосновении с кислотами выделяет сероводород. Класс опасности сернистого натрия - II (вещества высокоопасные). В воздушной среде и сточных водах в присутствии кислот сернистый натрий выделяет сероводород – горючий

взрывоопасный газ. Работы по приготовлению водного раствора сульфида натрия связаны с выделением в воздух рабочей зоны и атмосферу сероводорода. ПДК сероводорода в воздухе рабочей зоны - 10 мг/м<sup>3</sup>.

ксантогенаты натрия и калия (жидкие или сухие) производства смешанных алкилксантогенатов щелочных металлов применяются в качестве реагента-собирателя при флотации сульфидных руд. Ксантогенат натрия бутиловый жидкий при температуре выше 37–38 °С представляет собой однородную прозрачную жидкость от оранжевого до темно-коричневого цвета. При низких температурах - непрозрачную, вязкую органическую фазу коричневого цвета со специфическим запахом, хорошо растворимую в воде. Ксантогенат натрия бутиловый жидкий, бутиловый ксантогенат натрия сухой и бутиловый ксантогенат калия сухой (по временному стандарту организации) – это реагент собиратель для флотации сульфидных минералов; подается в процесс измельчения и флотации в виде водного раствора 10–12 % концентрации. На складе хранятся: жидкий – в бочках; сухой – в мешках по 50 кг и 650 кг.

масло машинное ИС-30 - применяется в качестве дополнительного реагента-собирателя для улучшения флотиремости сростков минералов меди в пустой породе в цикле песково-промпродуктовой флотации. Дозируется в процесс в виде водной эмульсии. Масла представляют собой горючие продукты с температурой вспышки не ниже 140°С. На складе хранится в цистернах.

флотореагент ОПСБ - применяется в качестве пенообразователя при флотации руд цветных металлов. Флотореагент ОПСБ представляет собой нелетучую темно-коричневую жидкость с запахом бутилового спирта, возможно присутствие взвешенных частиц, горюч, температура вспышки в зависимости от фракционного состава 96–112 °С. При загорании продукта необходимо применять средства пожаротушения: воду, песок, инертный газ, химическую пену, асбестовое одеяло, порошковые и газовые огнетушители. Хорошо растворим в воде, спирте, эфире. Дозируется в процесс в виде водной эмульсии. ПДК ОПСБ и входящих в него компонентов в воздухе рабочей зоны не установлена. На складе хранится в цистернах. ОПСБ пенообразователи (вспениватели) предназначены для создания флотационной пены нужного качества. На В14 №1 и №2 в качестве пенообразователя применяется реагент ОПСБ (оксид пропилен и спирта бутилового) - ТУ 6-01-26-08–83.

реагент-флокулянт ("Магнафлок" или "Праестол") - анионный ПАА в виде порошка белого или желтоватого цвета, растворим в воде, насыпная плотность от 0,60 до 0,80 г/см<sup>3</sup>; может образовать горючие облака пыли; во влажном состоянии очень скользкий. Флокулянты применяются в процессе сгущения медного концентрата. В фильтровально-сушильном отделении фабрики В14 №1 и №2 для сгущения медного концентрата используют флокулянты типа "Магнафлок" или "Праестол"; в процесс сгущения флокулянты подаются в виде водного раствора.

Все реагенты хранятся на складах реагентных отделений; там же готовится водный раствор сульфида натрия и ксантогената. Водный раствор флокулянта готовится в отделении сгущения медного концентрата.

Руда из бункера через секторные затворы поступает на три горизонтальных конвейера с регулируемой скоростью ленты. Конвейеры подают руду на наклонный конвейер, который транспортирует продукт в стержневые мельницы первой стадии измельчения. Разгрузка стержневых мельниц поступает в шаровые мельницы второй стадии измельчения.

Измельченная руда из шаровых мельниц поступает в классификаторы, которые работают в замкнутом цикле с мельницами второй стадии измельчения. Слив классификаторов насосами подается в рудные гидроциклоны. Пески гидроциклонов являются питанием шаровых мельниц третьей стадии измельчения.

Разгрузка мельниц третьей стадии поступает в те же насосы, что и сливы классификаторов. Сливы рудных гидроциклонов поступают на делительную классификацию в гидроциклоны, слив которых является питанием шламовой флотации. Пески гидроциклонов направляются на песково-промпродуктовую флотацию, предварительно доизмельчаясь в мельницах совместно с концентратом контрольной песковой флотации и хвостами первой перечистки.

Концентрат основной шламовой флотации направляется на вторую перечистку, где переочищается совместно с доизмельченным концентратом первой перечистки в двух флотомашинах второй перечистки; концентрат контрольной шламовой флотации технологическими блок-насосами направляется в голову основной шламовой флотации.

Концентрат основной песково-промпродуктовой флотации поступает на первую перечистку концентрата хвосты основной флотации блок-подъемниками перекачиваются на контрольную флотацию.

Концентрат первой перечистки доизмельчается в мельнице, которая работает в замкнутом цикле с гидроциклоном. Слив гидроциклона доизмельчения направляется на вторую перечистку. Пенный продукт второй перечистки самотеком поступает на третью перечистку концентрата.

Концентрат третьей перечистки является готовым продуктом, и после опробования перекачивается в фильтровально-сушильное отделение фабрики В14 №1 и далее медеплавильный завод.

Хвосты третьей перечистки блок-насосами перекачиваются в голову второй перечистки; хвосты второй перечистки поступают в голову первой перечистки.

Хвосты контрольной шламовой и песково-промпродуктовой флотации являются отвальными и после опробования направляются в хвостохранилище. Класс хвостохранилища - III класс капитальности в соответствии со строительными нормами и правилами (Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования).

Функционально все сооружения хвостового хозяйства объединены в несколько систем, включая: систему гидравлического транспорта и складирования хвостов; систему оборотного водоснабжения; хвостохранилище с отстойным прудом; систему регулирования уровня и баланса воды в отстойном пруде; систему перехвата фильтрационных вод хвостохранилища; систему контрольно-измерительной аппаратуры; вспомогательные сооружения, дороги, подъезды и коммуникации. Мощность хвостохранилища – 1 080 000 000 тонн.

Описание технологического процесса сгущения и фильтрации на обогатительных фабриках В14 №1 и №2.

Сгущение осуществляется в сгустителях с периферическим приводом диаметром 30 м до 50–55 % твердого. Сгущенный концентрат, подогретый до 40 °С, фильтруется на барабанных вакуум-фильтрах и керамических фильтрах. Кек с содержанием влаги до 14 % складировается в склад готовой продукции.

Слив основного сгустителя поступает на контрольное сгущение, после контрольного сгущения поступает в хвостовой лоток и далее в хвостохранилище.

Основными технологическими показателями обогатительных фабрик В14 являются: содержание меди в медном концентрате 35,0 % в среднем; извлечение меди в медный концентрат 87,7–89,2 %.

Обогатительная фабрика В17 перерабатывает **медные порфиновые руды**, характеризующиеся сложным минеральным составом. Медные руды I сорта - сульфидные руды глубоких горизонтов месторождения, содержащие до 10 % окисленной меди. Рудные минералы представлены халькопиритом, пиритом, халькозином, борнитом, молибденитом, а нерудные - кварцем, полевыми шпатами и др. Медные руды II сорта - смешанные руды с большим содержанием окисленной меди (до 30 %), растворимых солей, глинистых шламов и гидроокислов железа. Окисленные минералы представлены малахитом, азуритом и хризоколлой.

Перспективная мощность обогатительной фабрики В17 составляет 11 344 600 т/год. Доставка руды фабрику осуществляется в полувагонах и шлак в думпкарах.

В состав фабрики В17 входят следующие структурные подразделения:

дробильный цех: участок крупного дробления, участок среднего дробления, участок мелкого дробления;

главный корпус: измельчительное отделение, участок флотации, реагентное отделение;

цех переработки конвертерных шлаков: переработка конвертерных шлаков, сгустительное отделение, участок самоизмельчения (законсервирован), цех складирования хвостов, фильтровальный участок, участок КИПиА.

Основной деятельностью фабрики В17 является обогащение медных и медно-молибденовых руд и шлаков металлургического производства с получением медного концентрата.



Следующей технологической цепочкой является доведение промежуточной продукции (медного концентрата) до товарной меди на медеплавильном заводе, находящемся в непосредственной близости с обогатительной фабрикой.

На фабрике применяются реагенты с различными химическими и физическими свойствами, различной токсичности и пожароопасности. С позиции технологии обогащения, применяемые на фабрике В17 реагенты можно разделить на следующие группы:

- собиратель (ксантогенат калия бутиловый);
- вспениватель (Т-92);
- флокулянт флопам UG1811 (ПАА);
- регулятор среды (известь; сернистый натрий).

Ксантогенат натрия бутиловый жидкий применяется в качестве реагента-собирателя при флотации сульфидных руд.

Известь применяется для флотации медных руд в качестве регулятора рН среды. Формула извести -  $\text{CaO}$ . Комовая известь на обогатительную фабрику доставляется из цеха обжига извести автотранспортом. Известь выгружается в бункер. Дробление извести производится в щековой дробилке до крупности 20–30 мм. Затем известь по транспортерной ленте поступает в металлический бункер емкостью 40 т.

Известь (пушонка) применяется для флотации медных руд в качестве регулятора рН среды. Формула извести -  $\text{CaO}$ .

Приготовление 10 % раствора "известкового молока".

Расход извести в сутки составит 15–24 т (70 %  $\text{CaO}$ ). Растворение извести производится круглосуточно. Известь - пушонка талью подается в чан. В чан заливается вода. Активность поступающей извести - 85–90 %. Известковое молоко в цикл измельчения руд подается из отделения готовых растворов по трубопроводу через коллектор, который имеет распределительные патрубки и желоба на каждую полусекцию. Избыток извести возвращается по желобу в чаны реагентного отделения.

Контроль за концентрацией  $\text{CaO}$  в известковом молоке ведется химическим методом. Для предотвращения оседания извести на стенках труб работы ведутся с периодической промывкой водой после выработки раствора.

Обогатительная фабрики В17 по переработке медных сульфидных руд, золотосодержащих руд и шлаков металлургического производства включает:

- дробильное отделение с корпусами крупного, среднего и мелкого дробления;
- главный корпус с измельчительным, флотационным и реагентным отделениями;
- цех по переработке конвертерных шлаков с дробильным, измельчительным и сгустительным отделениями;
- фильтровальный участок;
- цех складирования хвостов с отделением по ремонту и обслуживанию машин и спецмеханизмов.

Дробление осуществляется по трехстадиальной схеме.

Крупное дробление.

Руда и шлаки металлургического производства, поданные на крупное дробление, разгружаются двумя роторными вагоноопрокидывателями, работающими поочередно. В случае поступления влажных руд разгрузка руды ведется с двух вагоноопрокидывателей одновременно, с целью осуществления шихтовки влажной руды.

Разгружаемая руда скатывается по поверхности, образованной бывшими колосниковыми грохотами, попадает в конусную дробилку.

Разгружаемая руда и шлаки поступают в конусную дробилку ККД – 1500 /180 ГРЩ, где осуществляется крупное дробление.

Отделение крупного дробления целиком углублено в землю на глубине 23,6 метра от поверхности, чем исключается необходимость установки добавочного оборудования для подачи вагонов на приемную площадку отделения. Загрузочная часть дробилки - 1500 мм, разгрузочная щель - 180 мм. Максимальная крупность в питании допускается до 1300 мм в наибольшем измерении. Крупность руды после крупного дробления - 0–350 мм. Рабочая щель дробилки - 180 мм.

С питателей легкого типа крупнодробленая руда и шлаки перегружаются на систему наклонных ленточных конвейеров, состоящую из двух ниток отдельных конвейеров.

При избытке дробленой руды или полном заполнении рудой бункеров в главном корпусе руда после крупного дробления конвейерами может подаваться на конвейер склада руды (ширина ленты - 1600 мм, длина - 132 м), с которого происходит верхняя разгрузка руды в открытый склад, емкость которого 60 000 тонн руды. Открытый склад дробленой руды запроектирован хребтового типа и состоит из двух частей: открытой надземной с поверхностями естественного откоса руды (угол около 45 °) и подземной части, представляющей собой запас нижней бункерной половины штабеля. В нижней своей части бункер перекрыт сводом, имеющим лючные проемы. Под сводом в тоннеле располагается возвратный конвейер.

Крупнодробленая руда из отделения дробления принимается на челночные транспортеры, которые распределяют ее равномерно по всей длине бункеров корпуса среднего дробления, емкость которых 1400 тонн. Среднее дробление осуществляется на 5 конусных дробилках. Цикл дробления - открытый, без контрольного грохочения. Крупность руды после среднего дробления - 80–0 мм. Степень дробления - 4,4.

После среднего дробления руда транспортером шириной 800 мм и длиной 12 500 мм подается на грохочение на инерционный самоцентрирующийся грохот размером 3500x1500 мм. Амплитуда колебания грохота - 6 мм. Угол наклона просеивающей поверхности - 15,5 °. Минусовой материал грохота крупностью минус 25 мм через

течку попадает на транспортер для передачи его в бункер главного корпуса, а плюсовой материал грохота крупностью плюс 25 мм поступает в дробилки мелкого дробления. Мелкое дробление руды осуществляется в открытом цикле на дробилках.

Руда после мелкого дробления объединяется с минусовым материалом грохота и совместно поступает на конвейер, который является сборным для всех ниток дробления. Содержание класса +20 мм - не более 22 % в готовом продукте после дробления. Каждая секция фабрики предназначена для переработки определенного вида сырья. Устанавливается порядок распределения руды и шлака по секциям фабрики, согласно режимной карте. Руда и шлак металлургического производства после мелкого дробления крупностью минус 20 мм тележками конвейеров загружаются в бункер отделения измельчения главного корпуса. Бункер руды выполнен в виде подвесной металлической конструкции параболического сечения емкостью 21000 тонн. К днищу бункера прикреплены подвесные воронки высотой 1,5 метра, открытые сверху. В нижней части воронок имеются воротники размером 900 на 1100 мм, через которые происходит движение руды в питатели. Диаметр тарельчатых питателей – 2100 мм. Под питателями проходят сборные конвейеры, с которых руда перегружается на продольные наклонные конвейеры и с помощью вращающегося рудоделителя на каждой секции распределяется между 2 стержневыми мельницами. Равномерное питание мельниц рудой обеспечивается автоматическим регулированием. Принципиальная схема, следующая: конвейерные весы, установленные на конвейерах заблокированы с отсекающими ножами тарельчатых питателей. Заданный расход руды на секцию устанавливается задатчиком на приборе ЭМП 20.

Флотация руд и шлаков металлургического производства включает: основную флотацию, первую перечистку пенных продуктов с возвратом хвостов первой перечистки в голову основной флотации секций, вторую перечистку с возвратом промпродукта в голову первой перечистки и третью перечистку с возвратом промпродукта в голову второй перечистки.

Готовые медные концентраты подвергаются сгущению, которое происходит в сгустительных отделениях, где в эксплуатации находятся сгустителя с периферическим приводом, диаметром 30 м, высотой 3,6 м, площадью сгущения 707 м<sup>2</sup>. Способ загрузки концентратов - центральный. Сгущенный продукт диафрагменными насосами выкачивается из сгустителя в зумпф песковых насосов, которые перекачивают концентрат в фильтровальный участок, далее - в цех подготовки шихты металлургического завода. Медный концентрат содержит 16–17 % при извлечении 88–90 % и 0,14 % молибдена.

Показатели работы большинства медных фабрик высокие. Извлечение меди часто составляет 90-95 % и практически не бывает ниже 80 %, которое напрямую связано с присутствием окисленных минералов меди. Содержание меди в концентрате зависит от

вида флотируемых минералов и требований металлургического передела, поэтому изменяется от 12 до 47 % (в среднем 20 – 25 %).

#### **3.4.6.3. Медные окисленные руды**

Окисленные медные руды в зависимости от степени окисленности обогащают по схеме с отдельной флотацией сульфидных и окисленных минералов. Если окисленные минералы представлены малахитом и азуритом и содержание их относительно невелико, их флотируют совместно с сульфидами после предварительной сульфидизации. Чисто окисленные медные руды перерабатывают методом кучного выщелачивания или комбинированными методами.

Технологическая схема с отдельной флотацией сульфидных и окисленных минералов меди применяется на фабриках, руда которых содержит в основном халькозин, халькопирит, малахит, азурит и куприт. Общее содержание меди в руде высокое до 5 %, в том числе окисленной 3 %. Извлечение сульфидных минералов не вызывает трудностей. Сульфиды флотируются с применением этилового и изопропилового ксантогената, вспенивателя и извести.

Реагентный режим флотации окисленных минералов более сложен. В голову окисленной флотации в качестве сульфидизатора окислов и пептизатора шламов дозируют сернистый натрий (1,1 кг/т). При флотации поддерживают рН 8,5–9,5. В качестве собирателя используют пальмовое и аполярное масло (по 75 г/т) и амиловый ксантогенат. Извлечение меди из руды составляет 80–85 %.

Из комбинированных методов для переработки окисленных медных руд получил распространение метод проф. В. Я. Мостовина. По этому методу измельченную руду выщелачивают серной кислотой, растворенную медь цементируют губчатым железом или чугуной стружкой и флотируют цементную медь.

Комбинированный флотационно-гидрометаллургический процесс применяют на рудах, содержащих около 20 % окисленной меди, представленной хризоколлой, малахитом, азуритом и купритом. Из руды, содержащей в среднем 0,9–1 % общей меди, извлекают 80–85 % меди.

Для осаждения меди из раствора используют тонкоизмельченное железо крупностью 0,5 мм. В процессе выщелачивания поддерживают рН 1,5–2,3. Иногда перед цементацией рН повышают до 2,9–3 добавлением известкового молока, что позволяет несколько снизить расход железа.

Содержание меди в растворе после цементации составляет 0,01–0,02 г/л. Для более полного осаждения меди из раствора используют наряду с металлическим железом сульфид кальция. Медь при этом осаждается как в виде сульфида, так и в виде металла. Сульфидная и металлическая медь флотируются совместно.

Оптимальная величина рН при флотации цементной меди составляет 4 – 4,9. Для регулирования рН иногда после цементации в пульпу подают небольшое количество известкового молока. Непрореагировавшее железо улавливают из хвостов флотации на

магнитном сепараторе и снова возвращают в процесс. Иногда железо из пульпы удаляют магнитным методом перед флотацией и возвращают его на цементацию.

Эффективными собирателями цементной меди являются гидролизованные аэрофлоты (особенно спиртовые) и минереки. Расход собирателей составляет 50–150 г/т. В качестве собирателей можно также использовать аэрофлоты, диксантогениды, меркаптобензотиазол и др. Дополнительными собирателями служат карбоновые кислоты и аполярные масла (расход около 100 г/т).

Из пенообразователей применяют сосновое масло, крезилловую кислоту, метилизобутилкарбинол и аэрофрос. Иногда полезно применять пептизаторы породы (конденсированные фосфаты и др.) при небольшом расходе (5–50 г/т).

За последние десятилетия произошло значительное истощение запасов богатых руд, особенно в промышленно развитых районах. Вследствие этого возникла необходимость поиска и внедрения новых способов производства металлов из нетрадиционных источников сырья. К таким источникам следует отнести окисленные, бедные сульфидные и богатые труднообогатимые руды цветных металлов. Отвалы забалансовых и некондиционных руд, а также "отработанные" месторождения являются долговременным источником загрязнения окружающей среды за счет самопроизвольного выщелачивания из них меди, цинка, свинца, мышьяка и других металлов. Наиболее рациональным способом избавления от пагубного влияния таких объектов на окружающую среду является организация кучного и подземного выщелачивания.

Таким образом, выщелачивание призвано решить одновременно две задачи: расширить сырьевую базу производства металлов и улучшить экологию данных районов.

### **Технология кучного выщелачивания меди из окисленных руд**

Впервые кучное выщелачивание меди провели в Венгрии еще в XVI веке, в середине XX века эта технология начала применяться во многих странах мира. Кучное выщелачивание окисдных медных руд в настоящее время является твердо установившимся низко затратным способом извлечения меди. Данным способом добывается около 20 % от мирового производства меди.

Технология кучного выщелачивания меди из окисленных руд включает следующие стадии: дробление, укладка руды на гидроизолированное основание, выщелачивание, экстракция меди из продуктивного раствора, реэкстракция меди, электролиз меди из реэкстракта, утилизация хвостов.

Подробная технологическая схема данного процесса представлена на рисунке 3.25.

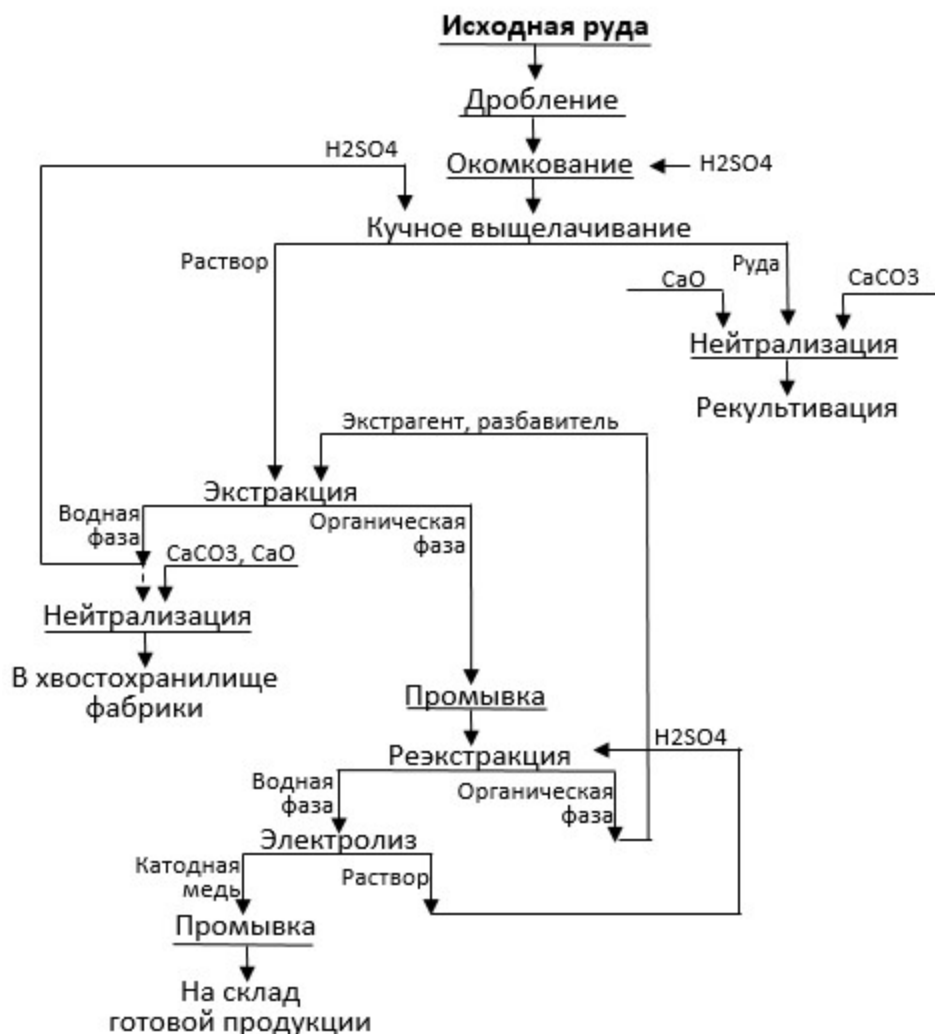


Рисунок 3.25. Технологическая схема переработки окисленных руд методом кучного выщелачивания

Дробление руды перед кучным выщелачиванием проводят с целью повышения технико-экономических показателей переработки руд. В ряде случаев введение данной операции приводит к увеличению извлечения металла в 1,5 – 2 раза. Дробление руды перед кучным выщелачиванием осуществляют с крупности от 1000–300 до 50–7 мм ( начальная крупность зависит от условий добычи руды, а конечная - от вещественного состава сырья). Операцию чаще всего осуществляют в стандартных щековых и конусных дробилках. При наличии в дробленном продукте большого количества глинистой составляющей, оказывающей негативное влияние на фильтрационные свойства, руду перед укладкой в штабель подвергают окомкованию с добавкой серной кислоты. Добавка серной кислоты на стадии окомкования позволяет сократить продолжительность выщелачивания.

Перед тем, как проводить кучное выщелачивание меди, осуществляются подготовительные работы на площадке. Верхний плодородный слой земли снимается и

складируется в отдельном месте. Эту землю впоследствии используют при проведении рекультивации. Ровную площадку засыпают глиной и трамбуют для получения водонепроницаемого слоя. Дополнительно укладывают пленку или бетонируют площадку. Наклон площадки осуществляется в сторону приемника растворов, как правило, это большие изолированные от земли пруды-отстойники. В качестве гидроизоляции чаще всего используют более дешевую пленку, создание противофильтрационного экрана из нее позволяет надежно защитить почву, поверхностные и грунтовые воды от заражения растворами, а также предотвращает просачивание раствора, обогащенного металлом. На пленку укладывают систему трубопроводов для сбора дренирующих растворов.

Подготовленная по крупности руда укладывается на гидроизоляционное основание в штабель. Для создания приемлемых гидрофизических свойств материала при увеличении содержания в руде глинистой составляющей производят снижение высоты штабеля кучного выщелачивания. Известны случаи, когда высота штабеля при переработке медных руд не превышает 0,5 м. Обычно высота штабеля кучного выщелачивания меди составляет от 2 до 8 м. В связи с относительно низкой высотой штабеля и высокой производительностью предприятий для укладки штабеля зачастую применяют передвижные конвейеры и конвейеры-штабелеукладчики. Рудный штабель должен отвечать нескольким требованиям: быть проницаемым для выщелачивающего раствора, иметь достаточную механическую прочность, не иметь "мертвых" зон.

Уложенную в штабель руду выщелачивают раствором серной кислоты. Орошение штабеля раствором кислоты осуществляют с помощью эмиттерной системы. В процессе просачивания растворов через рудный штабель происходит растворение медных минералов. Дренирующие со штабеля медьсодержащие растворы собирают с помощью системы трубопроводов и каналов в прудокотстойник. В прудке происходит отстаивание твердых частиц, присутствующих в растворах. Из прудков осветленные растворы направляют на извлечение меди.

Продуктивные растворы кучного выщелачивания зачастую являются относительно бедными по меди (до 5 г/л) и содержат большое количество металлов примесей: железа, магния и др. (до 40–50 г/л). В связи с этим данные растворы в большинстве случаев непригодны для непосредственного извлечения меди. Для создания приемлемых условий извлечения меди проводят концентрирование меди путем жидкостной экстракции. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с такими процессами, как цементация и сорбция на активированный уголь. Процесс сорбции мало применим для извлечения меди из продуктивных растворов по причине высоких содержаний меди и относительно малой емкости сорбентов. Кроме того, реализация в промышленности сорбционной технологии потребует организации большого фронта сорбции, что в конечном итоге приведет к повышению капитальных и эксплуатационных затрат на извлечение металлов из растворов.

Экстракцию меди проводят в различной аппаратуре, самой распространенной из которой является установка смесителя-отстойника. В зависимости от химического состава растворов и содержания меди операцию экстракции проводят в одну или несколько стадий. В случае проведения экстракции меди в несколько стадий организуют противоток водной и органической фаз. В результате экстракции медь на 85–95 % переходит в органическую фазу, а основная часть примесей остается в водном растворе. Обезметалленные водные растворы после экстракции подкрепляют по серной кислоте и возвращают на выщелачивание. Насыщенную по меди органическую фазу направляют на стадию реэкстракции, которую проводят растворами после электролиза меди, подкисленными до содержания серной кислоты на уровне 180-190 г/л. В ряде случаев при наличии значительного количества примесей в продуктивных растворах перед стадией реэкстракции проводят операцию промывки органической фазы кислым медьсодержащим раствором. В результате промывки происходит дополнительная очистка органической фазы от металлов примесей. Полученный в результате реэкстракции водный раствор содержит от 40 до 48 г/л меди. Суммарное содержание металлов примесей в данном растворе не превышает 1–3 г/л. Обезметалленная органическая фаза со стадии реэкстракции возвращается на экстракцию меди из продуктивных растворов кучного выщелачивания.

Товарный реэкстракт смешивается с оборотными растворами отделения электролиза. Полученный раствор с содержанием меди 35–40 г/л направляется на электролитическое извлечение меди. Для электролиза применяют аноды из сплавов свинца и катоды из нержавеющей стали или матрицы катодной меди. В результате процесса электролиза медь осаждается из раствора на поверхности катодных матриц. После достижения требуемой толщины слоя катодной меди катоды вынимают из электролизера, и листы меди отделяют от стальных матриц на специальных сдирочных аппаратах. Если в качестве катодов используются медные матрицы, дополнительных операций с катодами не производят. Листы катодной меди являются товарной продукцией предприятий.

Отработанный штабель после кучного выщелачивания подвергается обезвреживанию и рекультивации. Если руда содержит малое количество глинистой составляющей, отработанный штабель оставляют на действующей площадке, а поверх него формируют новый рудный штабель кучного выщелачивания. В противном случае осуществляют выемку руды и ее транспортировку в отвал.

Основные особенности проведения кучного выщелачивания меди. Несмотря на богатый мировой опыт кучного выщелачивания меди из окисленных руд, в Казахстане существует только несколько предприятий по переработке окисленных руд методом кучного выщелачивания. Исходя из того, что в Казахстане сосредоточены большие



запасы окисленных медных руд, как в новых месторождениях, так и в отвалах действующих производств, в ближайшее время следует ожидать бурного развития технологии кучного выщелачивания меди в нашей стране.

Так как за рубежом большинство действующих предприятий кучного выщелачивания меди находятся в зонах с теплым и засушливым климатом, реализация данного процесса в нашей стране ввиду климатических особенностей требует разработки специальных технических решений: основной особенностью кучного выщелачивания меди в Казахстане является проведение процесса в условиях отрицательных температур. При реализации кучного выщелачивания меди в холодном климате рекомендуется предусматривать специальные мероприятия, такие как:

- подогрев выщелачивающих растворов;

- заглубление системы орошения;

- теплоизоляция магистральных трубопроводов и продуктивных трубопроводов.

Другой немаловажной особенностью является наличие на большинстве территорий положительного водного баланса между атмосферными осадками и величиной испарения воды. В странах с засушливым климатом отработанную руду после кучного выщелачивания вывозят в отвал, где происходит ее естественное высыхание и исключается попадание кислых стоков в окружающую среду. При реализации кучного выщелачивания меди в Казахстане необходимо предусматривать мероприятия по нейтрализации оставшейся в отработанном штабеле серной кислоты. Кроме этого, в процессе кучного выщелачивания за счет выпадения атмосферных осадков может возникать избыток оборотных растворов, который также должен подвергаться нейтрализации перед складированием в хвостохранилище.

Необходимо отметить, что некоторые предприятия проводят кучное выщелачивание без предварительной подготовки гидроизоляционного основания штабеля. Есть случаи орошения раствором серной кислоты на лежалые отвалы окисленных и забалансовых руд, т. е. без защиты почвы, поверхностных и грунтовых вод от заражения растворами и тяжелыми металлами.

Учитывая большое количество факторов, которые могут оказывать вредное влияние на окружающую среду и на эффективность извлечения меди из окисленных руд, перед реализацией технологии кучного выщелачивания требуется обязательное проведение детальных исследований технологических свойств руды. Данные исследования позволят выбрать оптимальные параметры переработки руды и минимизировать риски, связанные с загрязнением окружающей среды. Кроме того, требуется детальное изыскание климатической характеристики района строительства. Результаты данного изыскания должны быть обязательно учтены при разработке технологического регламента и последующем проектировании и строительстве предприятия.

В Казахстане переработка медных окисленных руд на предприятии СЗ построена с использованием новейших технологий гидрометаллургии до получения катодной меди.

Технология переработки окисленных руд включает в себя кучное выщелачивание меди (КВ/НЛ) с последующей переработкой технологических растворов жидкостной экстракцией и электролизом (ЖЭ-ЭЭ/SX-EW). В соответствии с проведенными исследованиями и опытом работы действующих гидрометаллургических производств, перерабатывающих аналогичную руду, была рекомендована технологическая схема обогащения окисленных медных руд, включающая: кучное выщелачивание недробленной руды сернокислыми растворами; переработка продуктовых растворов по технологии SX-EW включающая в себя: три параллельные стадии жидкостной экстракции, одну стадию реэкстракции и электролиз с получением катодной меди.

Завод по переработке окисленных руд включает в себя: подушку выщелачивания по переработке окисленных руд; участок разгрузки кислоты цеха экстракции и электролиза, площадки обвалованного резервуара кислоты цеха экстракции и электролиза.

### **Кучное выщелачивание**

Местоположение площадки кучного выщелачивания было определено с целью сокращения до минимума объема земляных работ, снижения расстояния от карьера рудника до площадки и в поиске альтернативы расположения на участках, где, согласно справочным данным, отсутствовал горизонт мелких вод. Площадка кучного выщелачивания имеет номинальную мощность для переработки 120,8 млн тонн окисленной руды, достигая максимальной общей высоты 65 м в течение срока службы 10 лет, и располагается юго-восточнее карьера и на восточной стороне сооружений производственной зоны. Площадка располагается на отметке 350 метров над уровнем моря, и ее конфигурация соответствует типу стационарной площадки, которая охватывает территорию общей площадью 1 486 861 м<sup>2</sup>. Конструкция подушки выщелачивания включает: платформу основания, на которой укладываются 5 уровней руды, состоящих из подъемов и рамп доступа выщелачивания отвалов. Первый подъем с переменной высотой, а высота со второго по пятый составляет 13 м; ирригационные траншеи (системы дренажа и сбора раствора с направлением раствора в технологический пруд); анкерные траншеи; главную сборную траншею; охранные бермы.

Площадка кучного выщелачивания расположена недалеко от карьера. Основание площадки представляет собой геомембрану, уложенную на уплотненный грунт, сборные трубопроводы размещены на ней и защищены слоем гравия. Добытая руда транспортируется карьерными самосвалами и укладывается на подушку выщелачивания с применением бульдозеров.

Обогащенный раствор после выщелачивания направляется на переработку методом жидкостной экстракции с последующим электролизом. Конечный продукт – катодная медь.

**Переработка растворов выщелачивания.** Продуктовые растворы после выщелачивания подаются насосами на завод жидкостной экстракции и электролиза (SX-EW). Схема переработки растворов состоит из трех стадий параллельно-последовательной экстракции, одной стадии реэкстракции и электролиза. Извлечение меди на стадии переработки растворов составляет 91,7 %. Не извлеченная на экстракционной переработке медь с оборотными растворами возвращается на кучное выщелачивание. С учетом этой циркуляции извлечение в катодную медь от руды можно считать равным извлечению меди в раствор кучного выщелачивания 56,3 %.

**Экстракционная переработка растворов.** В результате технологических испытаний на полупромышленной установке для извлечения меди принято решение изменить схему экстракции на E1(p)+E2(p)+E3(p)+1S, в которой процесс жидкостной экстракции проходит три этапа экстракции E1(p)+ E2(p)+E3(p) и один этап реэкстракции 1S. Поток PLS разделяется на три потока E1, E2, E3 параллельно. Обедненные растворы рафината с параллельной схемы стекают в общий пруд рафината. На всех стадиях применяются экстракторы одинакового типоразмера. Смешение органической и водной фазы осуществляется в каждом экстракторе в двух камерах (агитаторах) смешения (у некоторых производителей в трех). На первой стадии смешения перемешивание осуществляется турбинным насосом, на второй стадии - вспомогательной турбиной. Турбинный насос в смесителе в первой камере смешения предназначен не только для обеспечения перемешивания, но и для перекачки водной и органической фаз с предыдущих стадий. Турбины на второй стадии смешения предназначены для поддержания диспергированных капель в виде эмульсии.

**Электролиз.** Основным агрегатом участка является электролизная ванна, представляющая собой прямоугольный чан, ширина и глубина которого определяется размерами анодов и катодов. Цех электролиза разделен на 2 серий, в каждой из которых 2 секций. В каждой серий насыщенный подогретый электролит подается на 11 ванн предварительной очистки. Электролизные ванны предварительной очистки позволяют удалить остатки органики из насыщенного электролита и тем самым защищают 43 коммерческие электролизные ванны от следов органики, оставшейся после фильтра.

На рисунке 3.26 представлен баланс сырья и продукции завода окисленных руд предприятия СЗ.



Рисунок 3.26. Баланс сырья и продукции завода по переработке окисленных руд  
 На рисунке 3.27 приведены технико-экономические показатели завода окисленных руд за 2015–2019 годы.

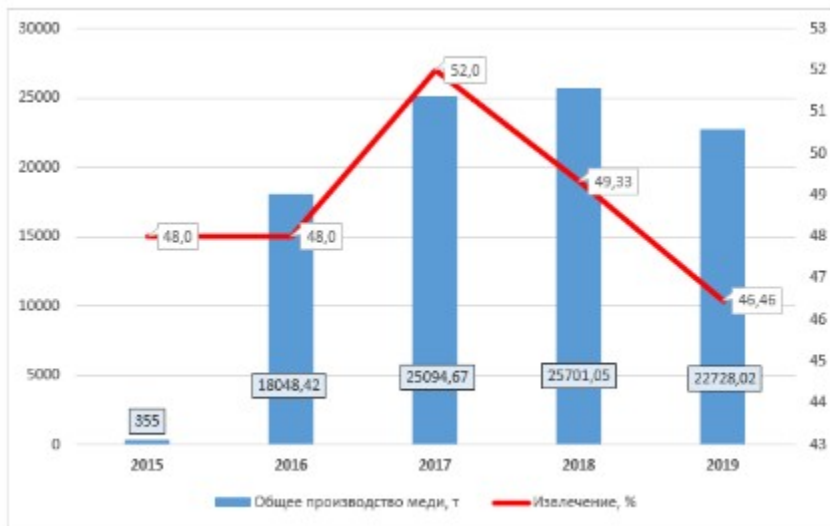


Рисунок 3.27. Зависимость извлечения руды от общего производства меди по заводу окисленных руд фабрики СЗ

#### 3.4.6.4. Медно-цинково-пиритные руды

Медно-цинковые руды являются наряду с медью источником получения цинка. Основным минералом цинка является сфалерит, или цинковая обманка. В природе в зависимости от содержания примесей различают на минералы: клейофан – бесцветный чистая разновидность без примесей, марматит – черный железистая цинковая обманка и вюрцит - марганцовистая цинковая обманка. Флотационные свойства цинковой

обманки определяются видом примеси, изоморфно входящей в ее кристаллическую решетку. Плотность сфалерита 3,5 – 4,3 кг/м<sup>3</sup>, твердость 3–4, содержание цинка 67,1 % (чистая обманка без примесей).

Медно-цинково-пиритные руды относятся к одним из наиболее сложных типов с точки зрения режима флотации.

Окисление в противоположность другим сульфидным минералам понижает флотируемость цинковой обманки. Активаторами сфалерита являются ионы меди и свинца, которые с собирателями типа ксантогената дают более труднорастворимые соединения, чем катион цинка. Депрессорами цинковой обманки являются цинковый купорос, который используется при флотации медноцинковых и полиметаллических руд, а также сернистый натрий, цианиды, сульфит и тиосульфат натрия. Эти депрессоры позволяют отделять медные сульфидные минералы от сфалерита. Наибольшее распространение получило сочетание цианида и цинкового купороса, так как депрессирующее действие одного цинкового купороса или цианида не всегда эффективно. Селективное разделение сульфидов меди и цинка затрудняется активацией сфалерита ионами меди, переходящими в пульпу при окислении и растворении медных минералов.

Применение цианида в качестве депрессора цинковой обманки требует большой осторожности и точной дозировки, так как он оказывает депрессирующее действие и на медные сульфидные минералы. В последнее время в качестве депрессора цинковой обманки применяется сернистый натрий в сочетании с цинковым купоросом или сульфит натрия в сочетании с сернистым натрием и цинковым купоросом.

Особый интерес представляет обогащение медно-цинковых руд, особенностью которых является тесное взаимное прораствление сульфидов меди, цинка и железа, в то время как сульфиды от пустой породы освобождаются при сравнительно грубом измельчении. Исследованиями установлено, что отделение полезных минералов от пустой породы происходит при измельчении руды до 60 – 70 % класса -0,074 мм. Раскрытие же сростков пирита с медными и цинковыми минералами происходит лишь при измельчении до 100 % класса минус 0,02–0,03 мкм. Кроме того, в этих рудах часто присутствуют вторичные медные минералы (ковеллин, халькозин) и серноокислая медь, которые являются основными источниками ионов меди в пульпе, вызывающих активацию сфалерита.

В зависимости от минерального состава и содержания полезных компонентов медно-цинковые руды подразделяют на четыре типа:

сплошные сульфидные руды с высоким содержанием цветных металлов. Содержание сульфидных минералов в них составляет 75–95 %;

сплошные сульфидные руды с низким содержанием цветных металлов;

вкрапленные медно-цинковые руды с высоким содержанием суммы цветных металлов;

вкрапленные руды с низким содержанием цветных металлов. Содержание сульфидных минералов в них составляет 20–30 %.

Получаемые при обогащении цинксодержащих руд цинковые концентраты должны отвечать техническим требованиям, приведенным в таблице 3.30 [33].

Таблица 3.30. Технические требования к цинковым концентратам и продуктам

№ п/п	Марка концентрата	Содержание, %				
		цинка, не менее	примесей, не более			
			железа	кремнезема	меди	мышьяка
1	2	3	4	5	6	7
1	КЦ-1	56	5	2	1	0,05
2	КЦ-2	53	7	3,5	1,2	0,1
3	КЦ-3	50	9	4	1,5	0,3
4	КЦ-4	45	12	5	2,5	0,5
5	П Ц (промпродукт цинковый)	40	16	6	3,5	Н е нормируется

Технологические схемы флотации медно-цинковых сульфидных руд, применяемые на обогатительных фабриках, можно разделить на следующие типы:

селективные схемы, когда в голове процесса флотируют сульфиды меди, из хвостов медной флотации флотируют сфалерит, а хвосты цинковой флотации могут быть пиритным концентратом (при флотации сплошных сульфидных руд) или из них флотируют пирит;

коллективно-селективные схемы, когда в голове процесса все сульфидные минералы флотируют в коллективный медно-цинковый или медно-цинково-пиритный концентрат с последующим разделением его на два или три концентрата.

Сплошные сульфидные руды успешно обогащаются по схеме селективной флотации (рис. 3.28). По этой схеме руды измельчаются до крупности 95 % класса - 0,074 мм. Щелочность пульпы в питании основной медной флотации составляет до 30 г /м<sup>3</sup> свободной окиси кальция, в питании цинковой флотации – 200-300 г/м<sup>3</sup> и в перемешивателях цинкового концентрата для депрессии пирита поднимается до 900-1000 г/м<sup>3</sup>. Собиратели - бутиловый ксантогенат (230 г/т), бутиловый аэрофлот (60 г/т). Для депрессии сфалерита применяется цианид (160–200 г/т) и цинковый купорос (1500–1600 г/т), а для активации сфалерита - медный купорос (1000–1100 г/т). Для предупреждения окисления сульфидов в процесс измельчения иногда подают сернистый натрий.

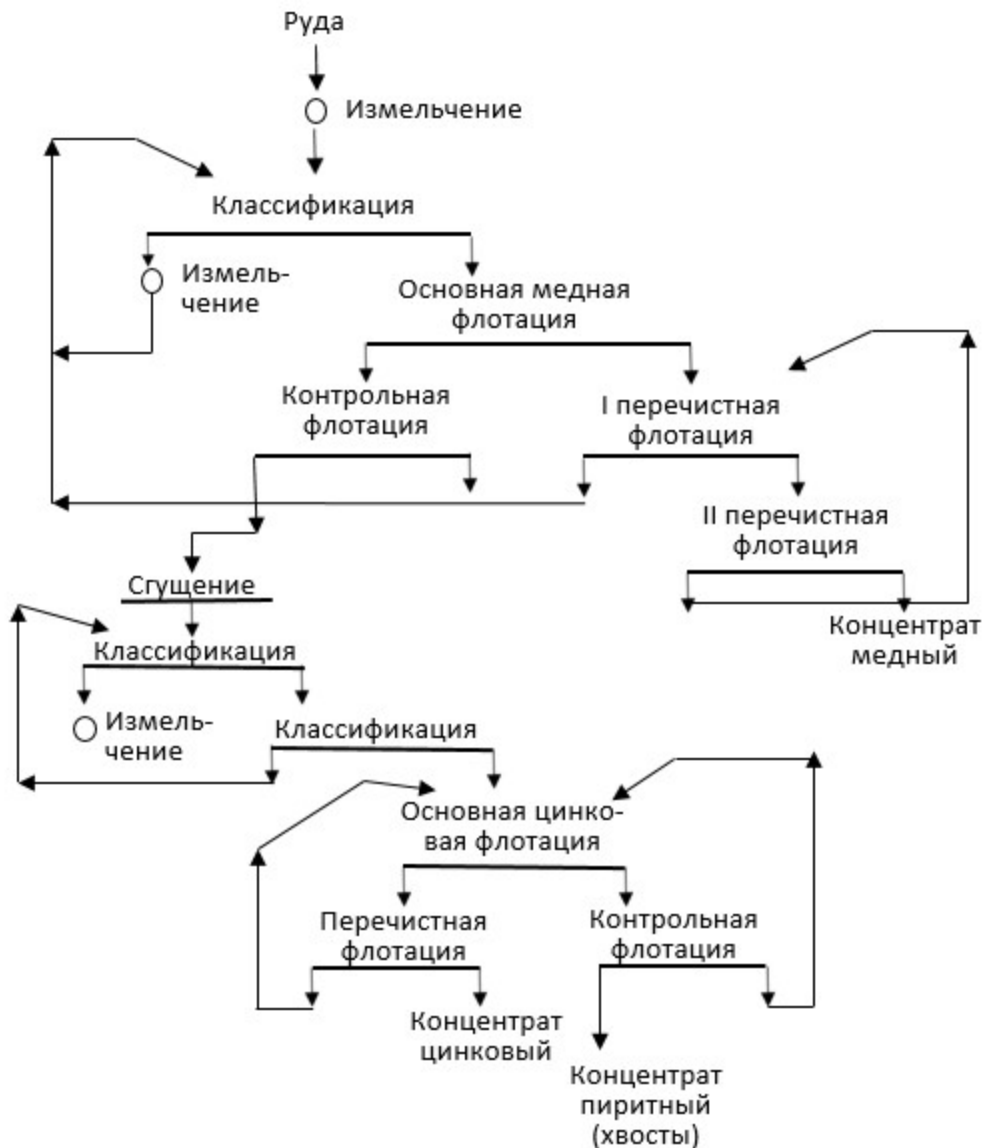


Рисунок 3.28. Схема прямой селективной флотации медно-цинковых руд

За последние годы на обогатительных фабриках, перерабатывающих медно-цинковые руды, успешно внедряют безцианидную технологию разделения медно-цинковых концентратов с применением для депрессии цинковой обманки сульфита и тиосульфата натрия, а также солей серной кислоты в сочетании с сернистым натрием и цинковым купоросом. Такая технология разделения коллективных концентратов позволила значительно снизить потери золота за счет предотвращения его растворения в цианистых растворах и предотвратить попадание циана в сточные воды.

Наибольшее распространение при обогащении медно-цинковых руд получила схема коллективно-селективной флотации (рис. 3.29).

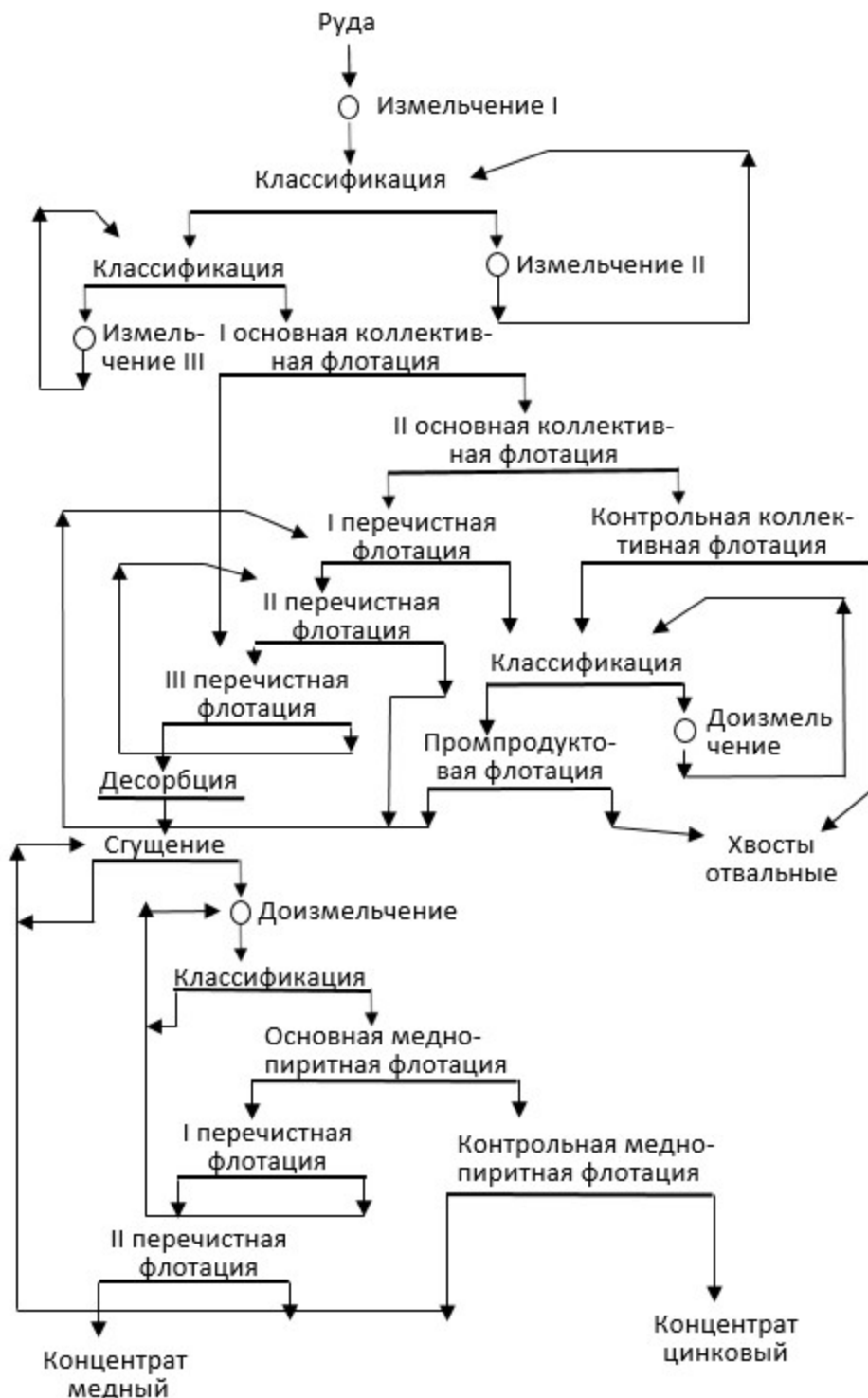


Рисунок 3.29. Коллективно-селективная схема обогащения медно-цинковых руд

Медно-цинковые руды с содержанием до 35 % серы являются вкрапленными рудами. Коллективная флотация сульфидов меди и цинка производится после измельчения руды до крупности 87–92 % класса -0,074 мм в две стадии. В I стадии получается коллективный концентрат (головка), который направляется сразу на третью перечистку. Концентрат II коллективной флотации перечищается трижды. Содержание свободной окиси кальция в основных коллективных флотациях составляет 150–500 г/м



<sup>3</sup>, в пересчете на 250–500 г/м<sup>3</sup>. В коллективную флотацию для активации цинковой обманки подается медный купорос. Собиратель - смесь изопропилового и бутилового ксантогената, вспениватель Т-66. В контрольную коллективную флотацию подается бутиловый аэрофлот. Коллективный концентрат после десорбции реагентов сернистым натрием (2200-3000 г/т) и активированным углем (300 г/т) сгущается и доизмельчается до крупности 90–95 % класса -0,044 мм. Медная флотация осуществляется при депрессии сфалерита сернистым натрием (150 – 350 г/т) и цинковым купоросом (2500–4500 г/т) и рН 8,5-9,7. Полученный медный концентрат содержит 16-18 % при извлечении меди до 85 %, а цинковый концентрат – 49-50 % цинка при извлечении 50-55 %.

Иногда при обогащении медно-цинковых руд с весьма тонким взаимным проращением сульфидных минералов получают цинковые концентраты с низким содержанием цинка (36–42 %) и высоким содержанием меди и железа. В этом случае производится обезмеживание и обезжелезнение цинковых концентратов (рис. 3.30) в следующем режиме: плотность пульпы при перемешивании с Na<sub>2</sub>S 40-50 % твердого, время перемешивания 20-25 мин, плотность пульпы при перемешивании с цинковым купоросом и содой 30-35 % твердого, время перемешивания 10 мин. Расход реагентов составляет, г/т: сернистый натрий 8000-12000; цинковый купорос 6000-8000; сода 1500-3000. В основную медно-пиритную флотацию подается бутиловый ксантогенат и сосновое масло. После обезмеживания получается цинковый концентрат с содержанием цинка до 48 % и меди до 2 %.

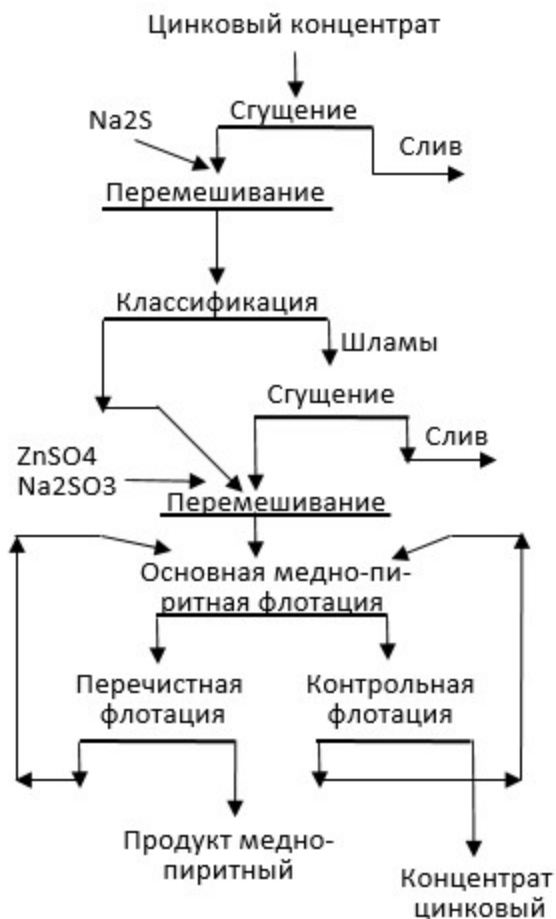


Рисунок 3.30. Схема обезмеживания и обезжелезнения цинкового концентрата

### 3.4.6.5. Медно-никелевые руды

Собственные минералы никеля редко образуют самостоятельные монометаллические промышленные скопления. Большую часть никеля в практике получают из медно-никелевых руд.

Наиболее распространенным никелевым минералом является пентландит (железоникелевый колчедан), обычно находящийся в ассоциации с пирротином и халькопиритом. В пентландите в виде изоморфной примеси часто присутствует некоторое количество кобальта. По флотуемости пентландит занимает промежуточное положение между пирротином и халькопиритом. При флотационном разделении халькопирита и пентландита последний депрессируют известью (иногда с добавлением цианида или декстрина).

Относительно распространены еще два минерала никеля - миллерит и никеленосный пирротин (в состав пирротина никель входит в виде изоморфной примеси). Из них хуже флотуется никеленосный пирротин. Щелочи, как правило, депрессируют никеленосный пирротин; подавителем миллерита (и пентландита) из щелочей является только известь. Хороший активатор пирротина - медный купорос.

Медно-никелевые руды содержат обычно некоторое количество кобальта и металлы платиновой группы [34].

Эти руды обогащаются на фабриках по трем видам технологических схем.

1. Коллективная флотация минералов меди и никеля из исходной руды без последующего разделения коллективного концентрата; продукты флотации в ходе процесса иногда подвергают магнитной сепарации. Коллективные концентраты, содержащие в среднем 3-6 % меди и 5,5–13,59 % никеля, разделяют на металлы при металлургическом переделе.

2. Коллективная флотация минералов меди и никеля из исходной руды с последующей селекцией коллективного концентрата на медный и никелевый. Коллективный концентрат всегда разделяют, флотируя минералы меди при депрессии пирротина и пентландита одной известью или известью в сочетании с декстрином (1–200 г/т) или цианидом (несколько граммов на тонну).

3. Магнитная сепарация исходной руды с последующей флотацией никеленосного пирротина из магнитной фракции (никелевый концентрат) и коллективной медно-никелевой флотацией из немагнитной фракции. Коллективный концентрат разделяют. Медный концентрат этой фабрики содержит около 30 % меди, а никелевый - около 12 % никеля.

Тонкость помола медно-никелевых руд перед коллективной флотацией на большинстве фабрик составляет 50–70 % класса -0,074 мм. Величина рН в коллективной флотации составляет 8–9,5. Из реагентов-собирателей применяют главным образом амиловый ксантогенат при среднем расходе 85 г/т, значительно реже - изопропиловый ксантогенат (80 г/т), бутиловый ксантогенат (150 г/т), применяют также бутиловый аэрофлот.

Из пенообразователей наиболее распространены сосновое масло, Т-66 и метилизобутилкарбинол.

На многих медно-никелевых фабриках для подавления флотоактивной силикатной породы применяют карбоксиметилцеллюлозу и тринатрийфосфат, декстрин, крахмал, жидкое стекло и смесь пирофосфата с гуартеком.

На фабриках, перерабатывающие тонковкрапленные руды, содержат пирротин, пентландит, халькопирит, магнетит и пирит. Минералы породы представлены серпентином, тальком, хлоритом и серицитом.

Технологические схемы и режимы флотации на этих фабриках во многом идентичны. Исходную руду измельчают до 40–50 % класса -0,074 мм, после чего проводят межцикловую флотацию. Тонкость помола перед основной флотацией составляет соответственно 80 и 60 % класса -0,074 мм. Концентрат межцикловой и основной флотации после совместной перечистки представляет собой готовый коллективный концентрат и содержит в среднем около 4 % меди и 5,5 % никеля при извлечении никеля примерно 82 %. Хвосты перечистой и концентрат контрольной

флотаций (после двухкратной перечистки) объединяют и флотируют в отдельном цикле (флотация промпродукта). Промпродукты доизмельчают. При флотации применяются следующие реагенты: сода 2-3 кг/т, бутиловый ксантогенат 100-150 г/т, бутиловый аэрофлот 200 г/т, медный купорос 50 г/т, карбоксиметилцеллюлоза 200-500 г/т, Т-66 70 г/т. Карбоксиметилцеллюлоза подается в перечистку. Кроме того, в перечистку подают тринатрийфосфат (200 г/т).

Никель можно доизвлекать из песковой фракции отвальных хвостов коллективного цикла. Флотации подвергают класс +0,044 мм отвальных хвостов, обогащенный никелем. Из реагентов применяют бутиловый ксантогенат, бутиловый аэрофлот и карбоксиметилцеллюлозу. После трех перечисток концентрат содержит около 2,5 % никеля при извлечении от руды до 3 %.

На фабриках, обогащающих вкрапленные и жильные медно-никелевые руды, содержат пирротин, халькопирит, кубанит, пентландит, полевой шпат, оливин и серпентин. Получаемые коллективные концентраты содержат 4–5 % никеля и 8–10 % меди.

В коллективном цикле флотации вкрапленных руд применяют бутиловый ксантогенат, Т-66, кремнефтористый натрий и соду. При обогащении жильных руд перед коллективной флотацией извлекают медную головку с использованием бутилового аэрофлота. Пенные продукты коллективной флотации вкрапленных и жильных руд поступают соответственно на I и II основную медную флотацию в сильнощелочной известковой среде (рис. 3.31), хвосты которой выводятся в сгуститель никелевого концентрата. Медные концентраты I и II основной флотации объединяются и подвергаются пропарке с известью в чанах при температуре 70-75 °С. В процессе пропарки происходит десорбция ксантогената и эффективно депрессируются никелевые минералы. Из медного концентрата после его пропарки скоростной флотацией извлекают медь, оставляя минералы никеля в хвостах. Медный концентрат затем доизмельчают и из него снова флотируют медные минералы с депрессией остатков никеля известью. Готовый медный концентрат получают после третьей перечистой флотации. Никелевый концентрат стремятся получить с возможно более высоким отношением никеля к меди (по условиям последующего металлургического передела).

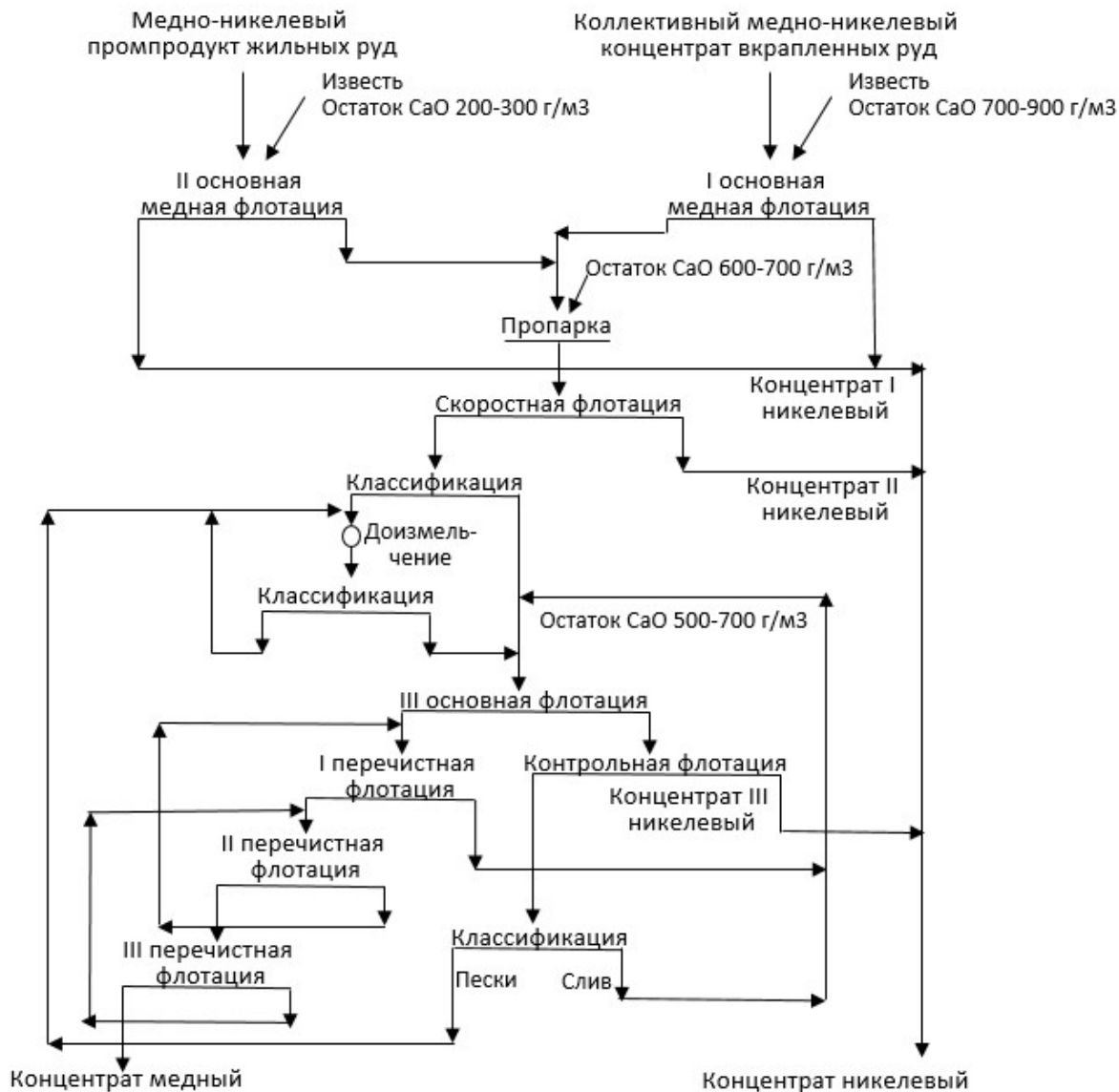


Рисунок 3.31. Технологическая схема селекции коллективных медно-никелевых концентратов

### 3.4.6.6. Медно-молибденовые руды

Медно-молибденовые руды являются одним из основных источников получения молибдена. Медные минералы в этих рудах представлены чаще всего халькопиритом и халькозином (иногда ковеллином, реже борнитом), молибден - молибденитом.

Молибденит относится к легкофлотируемым минералам. Это объясняется тем, что при измельчении зерна минерала раскрываются по плоскостям спайности, поверхность которых сильно гидрофобна. Именно высокая природная гидрофобность позволяет успешно извлекать молибденит из руд с низким содержанием флотацией [34].

Все обогатительные фабрики перерабатывают медно-молибденовые руды по коллективной схеме с последующей селекцией коллективного медно-молибденового концентрата. Коллективный концентрат содержит 10–30 % меди и 0,1–1 % молибдена.

Исходную руду на большинстве фабрик измельчают чаще всего до 50–60 % класса - 0,074 мм. Извлечение молибденита в коллективном цикле колеблется от 50 до 90 % (обычно 70–85 %). Почти на всех фабриках введена операция доизмельчения коллективных концентратов до 70–90 % класса -0,044 мм перед перечистками или непосредственно перед селекцией. Доизмельчение черновых коллективных концентратов перед перечистками освежает минеральную поверхность и повышает флотоактивность молибденита и минералов меди. Повысить извлечение металлов в коллективном цикле можно дофлотацией их из доизмельченной песковой фракции отвальных хвостов, характеризующейся повышенным содержанием меди и молибдена.

На обогатительных фабриках в качестве собирателей медных минералов и молибденита в коллективном цикле применяют ксантогенаты и аполярные масла и дитиофосфаты, диксантогениды (в виде эмульсии, полученной при окислении ксантогената в растворе гипохлоритом), минерек, аллиловый эфир амилксантогеновой кислоты и реагент Z-200. Как правило, одновременно используют не менее двух собирателей (сочетание аэрофлота или ксантогената с аполярным маслом, изопропилового ксантогената с минереком или реагентом Z- 200, этилового ксантогената с амиловым и др.). Расход собирателей не превышает 50 г/т.

Из пенообразователей наиболее распространены сосновое масло, производные гликолей, крезоловая кислота, Т-66 и др.

Повышению извлечения меди и молибдена в коллективном цикле способствует применение подавителей пустой породы (жидкое стекло, гексаметафосфат натрия и др.). Содержание металлов в концентрате при этом также увеличивается. Величина pH в коллективном цикле составляет 9–11.

В современной практике обогащения медно-молибденовых руд на фабриках применяют шесть способов разделения коллективных медно-молибденовых концентратов, причем пять способов селекции осуществляют по схеме с подавлением медных минералов и лишь один - по схеме с подавлением молибденита. Выбор способа разделения зависит от минералогического состава руды и концентратов, типа собирателя в коллективном цикле, флотоактивности минералов меди и молибденита.

Для подавления минералов меди (и железа) при селекции коллективных концентратов применяют следующие реагенты и режимы (во всех случаях молибденит флотируют с добавкой аполярного масла и вспенивателя, а иногда и без реагентов).

1. Сернистый натрий - широко применяется на отечественных фабриках практически при любом минеральном составе руд и концентратов и использовании в коллективном цикле сульфгидрильных собирателей. Адсорбируясь на поверхности сульфидов меди и железа и вытесняя, закрепившийся ранее собиратель, сернистые ионы предотвращают их флотацию. В зависимости от характера руды расход сернистого натрия может достигать 25 кг/т концентрата. При больших расходах реагента помимо минералов меди депрессируется и молибденит. Подогрев пульпы в

процессе селекции до 50-60 °С позволяет снизить расход сернистого натрия на 15 %; одновременно повышается извлечение молибдена. Расход сернистого натрия можно снизить, если селективную флотацию медно-молибденовых концентратов совместить с пропаркой пульпы острым паром, подаваемым в камеры флотационных машин.

2. Ферроцианид, обычно в сочетании с цианидом, в слабощелочной среде - этим способом разделяют коллективные концентраты (рис. 3.32) [35]. При этом способе эффективно депрессируется халькозин, сфлотированный в коллективном цикле относительно слабыми собирателями - аэрофлотом и изопропиловым ксантогенатом. Расход ферроцианида натрия не превышает 400 г/т концентрата, а расход цианида натрия - 300 г/т концентрата.

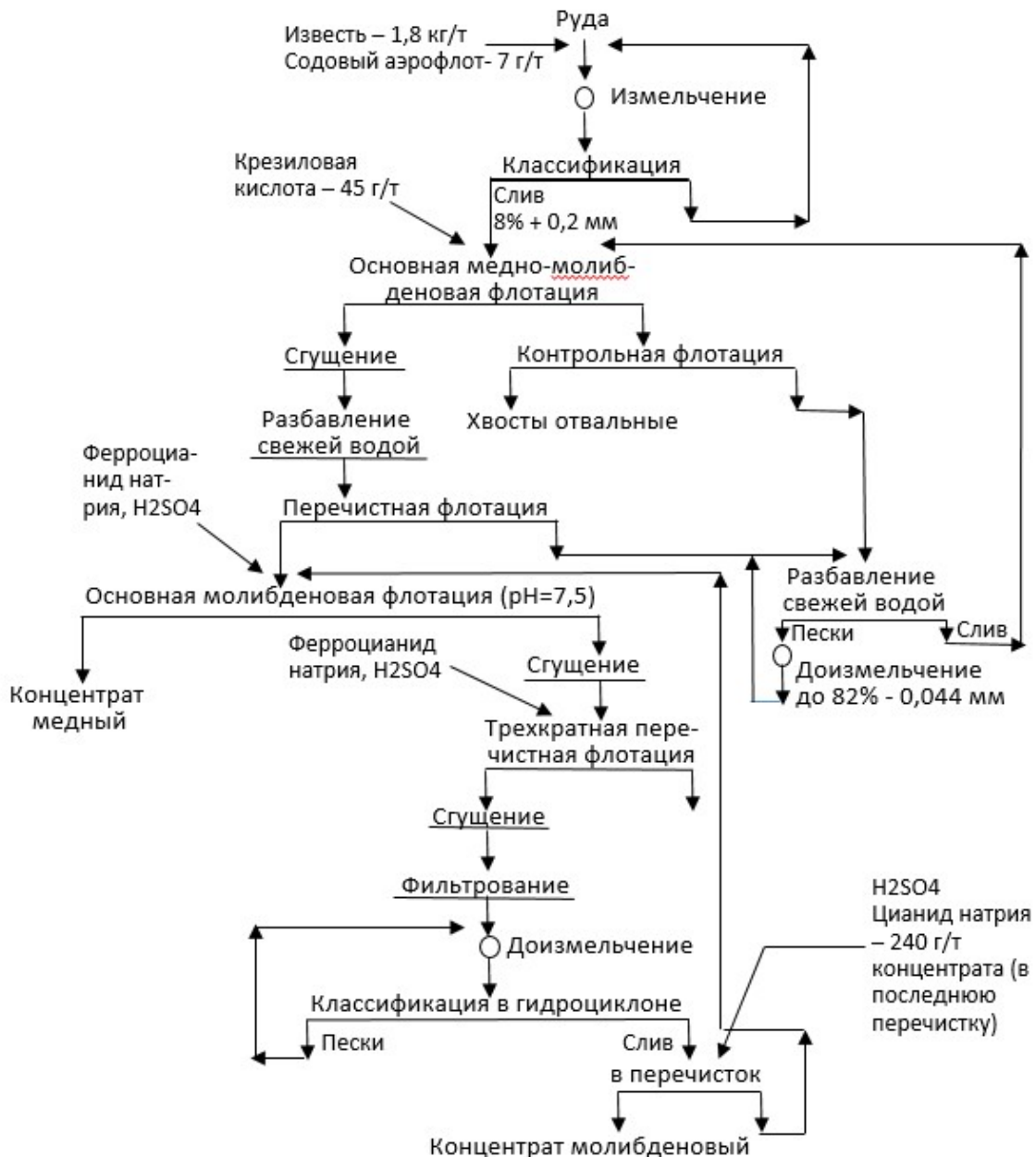


Рисунок 3.32. Технологическая схема и режим флотации медно-молибденовых руд с использованием ферроцианида

3. Реагент Ноукс – неорганический подавитель, представляющий собой продукт взаимодействия пентасернистого фосфора и едкого натра ( $P_2S_5 + NaOH$ ). Этот реагент применяется при pH 8–10,5 для депрессии халькозина и халькопирита, сфлотированных в коллективный концентрат аэрофлотом, изопропиловым ксантогенатом, дитиокарбаматом и изопропилэтилтионокарбаматом. Расход реагента Ноукс около 5 кг/т коллективного концентрата.

4. Пропарка коллективного концентрата в щелочной среде (pH 7,2– 8,6, иногда выше). Способ основан на том, что при пропарке при 80- 90 °С реагентные покрытия на минералах разрушаются, при этом сульфиды меди и железа окисляются и в дальнейшем одними аполярными маслами не флотируются. Пропарка особенно эффективна, если в цикле коллективной флотации были использованы ксантогенаты, а основным медным минералом являлся халькозин. Время пропарки от 40 мин до 4 ч. Для повышения результатов флотации при пропарке подают кислород. Перед пропаркой коллективный концентрат сгущают, а после пропарки - репульпируют. Следует отметить, что при пропарке полностью не депрессируются сульфиды меди и железа. Для их дополнительного подавления при флотации молибденита используют ферроцианид, реагент Ноукс или сернистый натрий при небольших расходах.

5. Окислители - перекись водорода и гипохлорит натрия (с добавкой цианида, цинкового купороса, ферро- и феррицианида) в слабощелочной среде. Основной депрессируемый медный минерал - халькопирит (халькозин); применяемые собиратели в коллективном цикле - изопропиловый ксантогенат и аллиловый эфир амилксантогеновой кислоты, а также аполярные масла. Перед перемешиванием с окислителями коллективный концентрат сгущается до 40– 60 % твердого. Основное назначение перекиси водорода и гипохлорита натрия в процессе селекции - окисление флотационных реагентов, присутствующих в растворе, в частности перевод ксантогенатов в нерастворимые диксантогениды. Ферроцианид, а также комплекс цианида цинка, образующиеся при взаимодействии цианида натрия и цинкового купороса, оказывают непосредственное депрессирующее действие на минералы меди и пирита.

Все пять способов селекции осуществляют по схеме с подавлением медных минералов и флотацией молибденита. Шестой способ основан на подавлении молибденита и флотации минералов меди - халькопирита и халькозина. В качестве реагента-депрессора молибденита используют декстрин. Расход декстрина около 1,5 кг/г концентрата.

На рисунке 3.33 показана технологическая схема и режим флотации медно-молибденовой руды, по которой разделению с применением декстрина



подвергается концентрат основной флотации (после перечистки). Халькопирит флотируется ксантогенатами (при малом расходе). Хвосты разделения объединяются с концентратом контрольной флотации, полученным с использованием аполярного масла и спиртовых вспенивателей, и подвергаются обжигу для разрушения пленки органических реагентов и повышения флотоактивности тальковой породы. Из продукта обжига флотацией (известь и вспениватель) отделяют породу, а из хвостов Молибденовый концентрат, содержащий после разделения от 3 до 30 % молибденита, на всех фабриках подвергают перечисткам, а иногда обжигу и выщелачиванию. Перечищают концентрат от 4 до 14 раз; перед перечистками концентрат обычно доизмельчают. Из реагентов в перечистных операциях наиболее часто применяют жидкое стекло для подавления породы и диспергирования шламов, подавители сульфидов меди и железа, аполярное масло в качестве собирателя молибденита, сосновое масло (или гликоли) и др.



Рисунок 3.33. Технологическая схема и режим флотации медно-молибденовых руд с использованием при селекции декстрина и обжига

Конечные молибденовые концентраты содержат 30–50 % молибдена. Извлечение молибденита в одноименные концентраты составляет 60–70 %. Наиболее высокое извлечение достигнуто около 90 %.

Содержание меди в медном концентрате, полученном из медномолибденовых руд, зависит от вида флотируемых медных минералов и изменяется от 15 до 25 %, если медь представлена в основном халькопиритом, и от 30 до 50 %, если основные медные минералы халькозин и ковеллин. Извлечение меди составляет обычно 80–85 %.

Чисто молибденовые руды отличаются сравнительно высоким содержанием молибденита, но фабрик, их перерабатывающих, сравнительно немного, на которых обогащается руда с содержанием молибдена около 0,4 %. Характерной особенностью технологической схемы фабрик является стадильность флотации по мере раскрытия зерен молибденита. Молибденит флотируют при рН 8,3 в содовой среде аполярным маслом (300 г/т) и вспенивателем (сосновое масло), как и при селекции медно-молибденовых концентратов. Для подавления породы используют жидкое стекло (200 г/т). Для депрессии пирита (1–3 %), а также меди (около 0,02 %) применяют реагент Ноукс при небольших расходах (5 г/т). Конечный молибденовый концентрат содержит 54 % молибдена при извлечении его 90 %. Из хвостов молибденовой флотации гравитационными методами, магнитной сепарацией и флотацией доизвлекают вольфрам, олово и некоторые редкие металлы.

Примером новых фабрик по переработке медно-молибденовых руд являются предприятия С3, С5, С6, на которых использованы НДТ.

#### **3.4.6.7. Медно-свинцово-цинково-пиритные руды**

В полиметаллических рудах медь может быть представлена разнообразными минералами, цинк - чаще всего сфалеритом, а свинец - галенитом, важнейшим в промышленном отношении свинцовым минералом. Основное количество свинца в производстве добывается из медно-свинцово-цинковых и свинцово-цинковых руд. В зоне окисления сульфидных полиметаллических месторождений свинец наиболее часто представлен церусситом, реже - англезитом.

Галенит один из наиболее легкофлотируемых сульфидных минералов. Хорошими собирателями галенита являются ксантогенаты и аэрофлоты. Ксантогенаты низших спиртов более эффективны в слабощелочной среде; ксантогенаты высших спиртов, содержащие менее четырех атомов углерода в молекуле, достаточно эффективны и при рН более 10. Селективным собирателем галенита является тиокарбанилид (дифенилтиомочевина) при рН 7,6–7,8.

Специфический подавитель галенита - двуххромовокислые соли. Из других реагентов подавляющее действие на галенит называют крахмал, таннин, фосфатные соли, перекись водорода, сочетание сульфита натрия с сульфатом железа, а также

цианиды при очень больших расходах, не характерных для минералов меди, цинка и железа). Аналогично другим сульфидам галенит можно временно депрессировать сернистым натрием. Подавляющее действие на галенит, особенно затронутый процессами окисления, оказывает известь. Чем больше расход извести в свинцовом цикле (особенно если дозировка производится в измельчение), тем сильнее должен быть собиратель. Во избежание подавления галенита известью собиратель иногда подают в измельчение [36].

При наличии в полиметаллических рудах окисленных минералов свинца их флотируют ксантогенатами после предварительной сульфидизации сернистым натрием

В промышленности применяют три разновидности схем переработки медно-свинцово-цинково-пиритных руд.

1. Последовательная селективная флотация минералов меди, свинца, цинка и железа из полиметаллической руды. Схема не получила широкого распространения в практике флотации. По этой схеме работает только одна фабрика, перерабатывающая тонковкрапленные руды с высоким содержанием пирита (до 20 %). В начале на фабрике проводят при pH 6,5 медную флотацию после добавления сернистой кислоты (основная дозировка - в измельчение) для активации халькопирита и подавления сфалерита, затем флотируют галенит с добавлением цианида и извести для депрессии сфалерита и пирита. В качестве собирателя в медном и свинцовом циклах применяют этиловый ксантогенат при малых расходах. Хвосты свинцового цикла сгущают и обрабатывают медным купоросом при подогреве и известью, после чего с применением сочетания этилового и амилового ксантогенатов последовательно флотируют сфалерит и пирит.

2. Коллективная флотация всех сульфидов с последующей селекцией коллективного концентрата. Коллективный медно-свинцово-цинково-пиритный концентрат разделяют различными способами.

Из коллективного концентрата (после десорбции сернистым натрием и отмывки) с использованием цианида (80 г/т) и цинкового купороса (400 г/т) как подавителей сфалерита и пирита вначале проводят медно-свинцовую флотацию, а из хвостов последней извлекают вначале минералы цинка и затем железа; медно-свинцовый концентрат также разделяют.

На некоторых фабриках используют метод, когда из коллективного концентрата, сфлотированного в сернокислой среде при pH 5,5 последовательно извлекают при pH 6,3 халькопирит и теннантит (для подавления галенита используют декстрин, для подавления сфалерита - цинковый купорос и  $\text{SO}_2$ ), при pH 8,5–9 галенит (сфалерит подавляют цианидом и цинковым купоросом), при pH 11–11,5 сфалерит. Последним флотируют при pH 2–3 пирит.

Коллективная флотация минералов меди и свинца из исходной руды при депрессии сфалерита и пирита с последующим селективным разделением медно-свинцового концентрата. Из хвостов медно-свинцового цинка извлекают сфалерит, а иногда и пирит. По такой схеме работает подавляющее большинство полиметаллических фабрик .

Коллективную медно-свинцовую флотацию проводят с применением в качестве собирателей различных ксантогенатов, аэрофлотов, меркаптобензотиазола, тиокарбанилида и тионокрбаматов; часто используют сочетания собирателей. Из пенообразователей в медно-свинцовом цикле используют крезол, синтетические реагенты (циклогексанол, аэрофрос) и др. Подавителями минералов цинка и пирита обычно служат цианид и цинковый купорос.

Из регуляторов среды наиболее часто применяют соду (100- 300 г/т). При наличии сфалерита и пирита с низкой флотоактивностью иногда бывает достаточно дозировать в процесс немного извести и флотировать медные и свинцовые минералы при низком расходе слабых собирателей.

Промышленные способы разделения медно-свинцовых концентратов осуществляются как по схеме с флотацией медных минералов при подавлении галенита , так и по схеме с флотацией галенита при подавлении медных минералов.

На выбор схемы разделения оказывает влияние соотношение содержания меди и свинца в руде (и концентрате). Как правило, на обогатительных фабриках преимущественно флотируют минерал, находящийся в меньшем количестве в руде (для медно-свинцово-цинковых руд это обычно медные минералы). При близком содержании (исходном) меди и свинца часто более эффективно флотировать галенит из коллективного концентрата с подавлением медных минералов цианистыми солями.

Для подавления галенита при флотации медных минералов применяются следующие реагенты: сульфит натрия и сульфат железа; бихромат калия; сернистая кислота и бихромат калия; сернистая кислота и крахмал; сернистая кислота, бихромат калия и крахмал; известь.

Для подавления медных минералов при флотации из медно-свинцового концентрата галенита применяют: цианид, иногда в сочетании с сернистым натрием; комплекс цианида цинка; цианид и цинковый купорос; гипохлорит кальция.

Выбор метода разделения медно-свинцового концентрата зависит в основном от вещественного состава концентрата. Так, цианид натрия является эффективным подавителем халькопирита и теннантита. Сульфит натрия в сочетании с железным купоросом можно применять для подавления галенита только в том случае, если медь представлена халькопиритом; присутствие вторичных минералов меди - борнита и халькозина нарушает селекцию. Сернистую кислоту в комбинации с бихроматом или крахмалом можно применять для подавления галенита в основном при наличии в руде халькопирита и в меньшей степени халькозина.

Цинковые минералы, содержащиеся в медно-свинцовом концентрате, при цианистом разделении уходят в медный концентрат, а при сернистокислом или сульфитном - с галенитом; при повышенном содержании цинка в медно-свинцовом концентрате возможно обесцинкование соответствующего концентрата.

Извлечение сфалерита и пирита из хвостов коллективной медно-свинцовой флотации осуществляют по двум схемам: коллективная флотация цинковых минералов и пирита с дальнейшей селекцией полученного концентрата и прямая селективная флотация сфалерита и пирита. Выбор схемы определяется сравнительной флотоактивностью цинковых минералов и пирита и их содержанием в руде.

Коллективную цинково-пиритную флотацию хвостов медно-свинцовой флотации проводят с применением ксантогенатов, аэрофлотов, медного купороса (50–500 г/т), а также соды и иногда извести (до 2 кг/т).

Из цинково-пиритного концентрата всегда флотируют сфалерит, добавляя известь (0,5–3 кг/т) и медный купорос.

Отделение флотацией сфалерита от пирита и пустой породы в хвостах медно-свинцового цикла также всегда проводят с добавлением извести и медного купороса (иногда и цианида). Последующее извлечение из хвостов цинковой флотации пирита возможно при условии ликвидации влияния извести. Для этого пульпу сгущают со сбросом слива и разбавлением песков водой перед флотацией либо дозируют кислоту для понижения рН пульпы; иногда для активации пирита используют соду (15–400 г/т).

Примером технологии обогащения полиметаллических руд являются фабрики D9 и D8.

На обогатительной фабрике D9 перерабатываются: сульфидные свинцово-цинковые и медные руды Риддер-Сокольного месторождения; сульфидная полиметаллическая руда (тяжелая фракция) Тишинского месторождения; полиметаллическая руда Долинного месторождения; техногенное сырье (текущие шламы руды Тишинского месторождения); сульфидная свинцово-цинковая руда Долинного месторождения.

Характеристика руд Риддер-Сокольного месторождения. Состав руд месторождения отличается от руд других месторождений повышенным содержанием золота и серебра и большим разнообразием природных генетических типов руд. Природные типы руд отличаются в основном соотношением главных рудных и нерудных минералов: сфалерита, галенита, халькопирита, пирита, кварца, карбоната, барита, серицита. В целом руды Риддер-Сокольного месторождения являются типичными полиметаллическими с преобладанием цинка над медью и свинцом с соотношением металлов Cu: Pb: Zn равным 1,2:1:2,4. Наиболее распространенным промышленным сортом руд является свинцово-цинковый сульфидный, в котором

объединены такие природные типы, как полиметаллические, свинцово-цинковые, золотополиметаллические и другие. Медные руды занимают второе место в запасах месторождения, они характерны для нижнего цинково-медного горизонта.

Характеристика руды Тишинского месторождения. По составу руды месторождения колчеданно-полиметаллические, соотношение  $Cu: Pb: Zn$  в рудах примерно на  $2/3$  предельно разведанной глубины (более 1 км) составляет 0.46:1:5.4, то есть свинца в них вдвое больше меди, а цинк в четыре раза превышает сумму свинца и меди. Руды отличаются высоким содержанием пирита, среднее значение которого составляет 17 %, при колебаниях в очень широких пределах от 10 до 90 %.

Характеристика текущих шламов руды Тишинского месторождения. Текущие шламы Тишинской руды представляют собой смесь из разрушенных частиц рудовмещающих пород и сульфидных минералов Тишинской руды. Это естественные шламы, образующиеся при дроблении, в результате чего истираются обычно менее крепкие карбонат-серицит-кварцевые породы и меньше кварциты и сульфиды. По содержанию металлов текущие шламы значительно беднее исходной руды. В среднем содержание меди, свинца, цинка, железа в текущих шламах, отмытых из руды, составляет, соответственно, 0,26 %, 0,40 %, 2,42 %, 4,54 %. Минералогический состав шламов аналогичен составу исходной Тишинской руды: блеклорудно-галенит-халькопирит-сфалерит-пиритовый.

Характеристика руды Долинного месторождения. Оруденение Долинного месторождения представлено сульфидными золото-серебросодержащими полиметаллическими рудами. Соотношение средних содержаний меди, свинца и цинка составляет 0,3:1,0:2,0. Наибольшим распространением пользуются прожилково-гнездово-вкрапленные руды, количество которых в объеме запасов месторождения составляет порядка 95 %, а на долю сплошных руд приходится около 5 %.

Основным процессом обогащения полиметаллических руд в настоящее время является флотация. При флотации решаются следующие основные задачи: отделение сульфидных минералов от минералов пустой породы; отделение минералов свинца и меди от минералов цинка; разделение медно-свинцового концентрата; извлечение благородных металлов.

Обогатительная фабрика D9 выпускает товарную продукцию в виде концентратов: медного, свинцового, цинкового, золотосодержащего флотационного.

В состав обогатительной фабрики входят следующие отделения: дробильное отделение №2; дробильное отделение №3; главный корпус №2 (отделение измельчения, флотации, сгущения и фильтрации); главный корпус №3 (отделения измельчения, флотации, доизмельчения, сгущения и фильтрации, склад концентратов, гравитационная секция); реагентное отделение; хвостовое хозяйство; участок переработки техногенного сырья.

Отличительной особенностью перерабатываемых на обогатительной фабрике D9 руд является наличие драгоценных металлов и сравнительно крупная вкрапленность сульфидов в минералы пустой породы при относительно тонком взаимном проращении самих сульфидов. Поэтому применяется технология, предусматривающая гравитационное обогащение и флотационное обогащение, при котором вначале осуществляется отделение всех сульфидов в виде коллективного концентрата от пустой породы при сравнительно грубом помоле исходной руды (55 % класса -0,074 мм), последующее доизмельчение коллективного концентрата до 90 % класса -0,074 мм и его разделение. Схема весьма экономична, так как из технологического процесса в цикле коллективной флотации выводится до 90 % отвальных хвостов.

Главный корпус № 2. Обогащение руды Тишинского месторождения. К примеру, ранее в главном корпусе № 2 обогатительной фабрики перерабатывалась руда Тишинского месторождения. Сульфидная полиметаллическая руда Тишинского месторождения обогащается по комбинированной гравитационно-флотационной схеме. Технология обогащения начинается на промплощадке Тишинского рудника на участке дробления и обогащения (УДО), где после второй стадии дробления руда крупностью – 50 мм поступает на обогащение в тяжелых суспензиях. В результате гравитационного обогащения в УДО получают три продукта: тяжелая фракция, легкая фракция и рудные шламы. Тяжелая фракция доставляется железнодорожным транспортом в дробильное отделение №2 обогатительной фабрики. После операций дробления, отмыва и измельчения, тяжелая фракция обогащается по коллективно-селективной схеме флотации с получением трех кондиционных флотационных концентратов - медного, свинцового и цинкового с последующим их сгущением и фильтрацией. Процесс обогащения тяжелой фракции руды Тишинского месторождения ведется по прямой селективной схеме флотации. Обогащение текущих шламов руды Тишинского месторождения - прием шламов осуществляется через узел приема техногенного сырья, где происходит удаление посторонних примесей (камни, бревна, металл), распульповка материала и удаление кусков крупностью более 15 мм. Распульповка шламов производится в скруббер-бутаре. Текущий слив скруббер-бутары направляется в зумпф гидроциклонных насосов первой секции измельчения. Далее материал насосами закачивается на гидроциклон. Пески гидроциклонов являются циркулирующим материалом и питанием мельницы. Слив классификации гидроциклонов текущих шламов Тишинского месторождения поступают на основную коллективную шламовую флотацию. Хвосты с основной шламовой флотации поступают на контрольную шламовую флотацию. Пенные продукты с основной и коллективной шламовой флотации объединяются и поступают на основную Cu-Pb флотацию Тишинской руды.

Обогащение Pb-Zn-Cu руды Риддер-Сокольного месторождения. Под схему измельчения Pb-Zn-Cu руды Риддер-Сокольного месторождения задействованы все три секции измельчения главного корпуса №2. Измельчение Pb-Zn-Cu руды

Риддер-Сокольного месторождения осуществляется по двух-стадиальной схеме в шаровых мельницах. Флотация Pb-Zn-Cu руды Риддер-Сокольного месторождения осуществляется по коллективно-селективной схеме. Цикл разделения коллективного концентрата Pb-Zn-Cu руды Риддер-Сокольного месторождения включает в себя: свинцово-медный цикл флотации, цикл дофлотации золота из хвостов медно-свинцовой флотации и пиритный циклы флотации. Гравитационное обогащение включает: выделение черного гравитационного концентрата методом отсадки на разгрузке мельниц 1 и 2 стадии; доводку черного гравитационного концентрата на концентрационных столах.

Обогащение руды Долинного месторождения. Под схему измельчения руды Долинного месторождения задействованы все три секции измельчения главного корпуса №2. Измельчение руды Долинного месторождения осуществляется по двух-стадиальной схеме в шаровых мельницах. Флотация руды Долинного месторождения осуществляется по коллективно-селективной схеме. Гравитационное обогащение включает выделение черного гравитационного концентрата методом отсадки на разгрузке мельниц 1 и 2 стадии, доводку черного гравитационного концентрата на концентрационных столах.

Главный корпус №3. В главном корпусе №3 Риддерской обогатительной фабрики перерабатываются руды Риддер-Сокольного месторождения, представленные свинцово-цинковыми и медными сортами руд. Технологическая схема в главном корпусе №3 включает в себя отделение измельчения, флотации, гравитации. Кроме того, в главном корпусе №3 имеется участок обезвоживания товарных концентратов и склад готовой продукции.

Обогащение свинцово-цинковой руды Риддер-Сокольного месторождения. Сульфидная свинцово-цинковая руда Риддер-Сокольного месторождения обогащается по схеме коллективной флотации с последующей селекцией коллективного концентрата с получением золотосодержащего флотационного и цинкового концентратов, кроме этих продуктов получают еще гравитационный концентрат. Технология обогащения складывается из следующих операций: измельчение руды, коллективная флотация сульфидных минералов, десорбция, отмывка и доизмельчение коллективного концентрата, селекция коллективного концентрата и обезвоживание концентратов. Выделение золота в гравитационный концентрат из руды в цикле измельчения осуществляется отсадочными машинами с доводкой его на гравитационной секции. Схема флотационного обогащения включает в себя:

измельчение;

коллективную флотацию свинцово-цинковой руды;

десорбцию, отмывку и доизмельчение коллективного концентрата;

медно-свинцовую флотацию свинцово-цинковой руды;

цинковую флотацию свинцово-цинковой руды;



пиритную флотацию свинцово-цинковой руды.

Технологическая схема гравитационного обогащения состоит из двух основных операций:

выделение чернового гравитационного концентрата с применением отсадочных машин в цикле измельчения первой и второй стадий;

доводка чернового гравитационного концентрата на гравитационной секции с получением готового гравитационного концентрата и хвостов, которые возвращаются в цикл измельчения.

Хвосты контрольной операции гравитационного извлечения золота из Pb-Zn руды РСМ поступают на вторую контрольную операцию на СКО-15. Концентрат контрольной операции гравитационного извлечения золота из Pb-Zn руды РСМ и хвосты перечистной операции гравитационного извлечения золота из Pb-Zn руды РСМ объединяются и направляются на доизмельчение в шаровой мельнице. Хвосты основных столов объединяются с концентратами контрольных столов и хвостами перечистных столов и направляются в цикл доизмельчения хвостов гравитации в шаровой мельнице с разгрузкой через решетку МШЦ.

Обогащение медной руды Риддер-Сокольного месторождения. Медная руда Риддер-Сокольного месторождения крупностью -16 мм (далее медная руда РСМ) поступает в бункера мельниц главного корпуса № 3 дробленной готовой медной руды. Измельчение медной руды крупностью -16 мм ведется по двух-стадиальной схеме при соотношении мельниц первой стадии ко второй, как 2:1. Измельчение производится на второй секции измельчения в шаровых мельницах с разгрузкой через решетку - в 1 стадии и в шаровой мельнице с центральной разгрузкой - в 2 стадии. Флотация медной руды ведется по прямой селективной схеме с дофлотацией хвостов для доизвлечения меди. Каждый процесс включает в себя основную медную флотацию, контрольную медную флотацию и три перечистные операции. Концентраты медных перечистных флотаций являются медным концентратом, который вместе с медными концентратами других сортов руд направляется на обезвоживание. Хвосты контрольной флотации основной флотации хвостов контрольной медной флотации после опробования насосами транспортируются на хвостохранилище.

Ксантогенат калия бутиловый – микрогранулы от розоватого до желтовато-зеленого цвета с выраженным специфическим запахом, хорошо растворяется в воде. Разлагается под действием влаги с образованием ксантогенатов кислот и сероуглерода. При разложении, растворении и, особенно бурно, при взаимодействии с кислотами, выделяет сероводород. Нейтрализуется содой (при объемном тушении) с минимальной огнегасительной концентрацией углекислоты 62 % объема.

Ксантогенат бутиловый - горючее вещество. Пылевоздушные смеси взрывоопасны, относятся к 3 классу опасности. Нижний предел взрываемости пылевоздушных смесей ксантогенатов – 10,4 г/см<sup>3</sup>.

По степени воздействия на организм человека и окружающую среду, ксантогенат калиябутиловый относится к веществам умеренно опасным - 3 класс. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны составляет 10 мг/м<sup>3</sup>. Помещение, в котором проводятся работы с ксантогенатами, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией.

Флотореагент натриево – бутиловый (аэрофлот) – вязкая жидкость темно серого или темно-коричневого цвета, которая застывает, превращаясь в пастообразную массу при температуре 0 °С. Хорошо растворим в воде. При действии на бутиловый аэрофлот кислот и при нагреве свыше 80 °С происходит выделение сероводорода – горючего газа

Карбамид (мочевина) - белое гранулированное или мелкокристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, при нормальных условиях не горюч, пожаро- и взрывобезопасен, относится к умеренно опасным веществам.

Применяется в качестве дополнительного собирателя при флотации свинцово-цинковых руд, содержащих серебро.

Натрий цианистый – кристаллический продукт белого цвета иногда со слабо коричневым оттенком. Гигроскопичен, хорошо растворяется в воде. Цианистый натрий - сильнейший яд.

Цианистый натрий пожаро- и взрывобезопасен. В присутствии воды, кислот и углекислоты воздуха цианистый натрий выделяет цианистый водород, являющийся горючим, взрывоопасным и ядовитым веществом. Синильная кислота - легко воспламеняется, бесцветная чрезвычайно токсичная жидкость со слабым запахом горького миндаля. При зажигании горит на воздухе светлым фиолетовым пламенем. Вследствие выделения синильной кислоты цианиды следует отнести к пожаро - взрывоопасным реагентам. Температура вспышки (- 18 °С). По степени воздействия на организм относится ко 2 классу опасности, т. е. является высокоопасным веществом.

Притягивая влагу из воздуха, разлагается с выделением цианистого водорода. Особенно бурное выделение цианистого водорода (синильной кислоты) происходит под действием кислот, поэтому недопустимо попадание в раствор кислоты.

В качестве средства контроля для предотвращения воздействия цианида на рабочих и окружающую среду применяется краситель CARMOISINE.

Краситель представляет собой тонкодисперсный порошок от темно коричневого до красного цвета. При добавлении в раствор цианистого натрия окрашивает его в розовый цвет.

Натрий цианистый применяется в качестве депрессора сульфидов железа и сфалерита, при больших расходах - халькопирита. Депрессирующее действие цианида заключается в растворении ксантогенатных соединений на поверхности депрессируемого минерала.

Сернистый натрий – пожаро- и взрывоопасен, токсичен, хорошо растворим в воде, при соприкосновении с кислотами выделяет сероводород – горючий, взрывоопасный газ. Сернистый натрий выделяет сероводород - ПДК -10 мг/м<sup>3</sup>.

На обогатительную фабрику сернистый натрий поступает в виде монолитной массы, чешуек или гранул, от светло-коричневого до темно-коричневого цвета.

Водный раствор сернистого натрия имеет сильную щелочную реакцию, токсичен.

Сернистый натрий применяется при флотации окисленных руд в качестве сульфидизирующего реагента-активатора, подавителя флотации сульфидных минералов и для десорбции собирателя с поверхности минералов, при разделении коллективных концентратов, в качестве диспергатора при наличии тонких и ультратонких частиц (шламов).

Медный купорос – пятиводный кристаллогидрат сульфата меди, представляет собой ярко синие кристаллы, не выветривающиеся на воздухе, хорошо растворимые в, с концентрацией 160–200 г/л. Медный купорос не горюч, пожаро-взрывобезопасен.

Медный купорос применяется в качестве активатора сульфидов цинка, так же может активировать пирит, халькопирит, сфалерит.

Тиосульфат натрия представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде. Тиосульфат натрия пожаро- и взрывобезопасен. При действии кислот тиосульфат натрия разрушается с выделением сернистого ангидрида. ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 10 мг/м<sup>3</sup>.

Применяется в качестве депрессора сфалерита и галенита в медном цикле флотации

Серная кислота – представляет собой прозрачную маслянистую гигроскопическую жидкость, которая смешивается с водой в любых соотношениях. Ее растворение сопровождается выделением тепла и уменьшением суммарного объема. Концентрированная кислота – сильный окислитель; с железом реагирует только разбавленная кислота, при этом происходит энергичное растворение железа с выделением водорода. Удельный вес концентрированной серной кислоты 1,835 г/см<sup>3</sup>. Серная кислота техническая - пожаро- и взрывоопасна, токсична. По степени воздействия на организм относится к веществам 2-го класса опасности согласно действующей классификации и общих требований безопасности вредных веществ.

Серная кислота применяется как регулятор рН среды при флотации медных минералов. Дозируется в натуральном виде, с применением кислотоупорных коммуникаций и питателей.

Цинковый купорос поступает на фабрику в виде раствора концентрацией 160–200 г/л. Цинковый купорос пожаро- взрывобезопасен. Относится к 3 классу опасности вредных веществ.

Цинковый купорос применяется в качестве депрессора цинковых минералов в медно-свинцовом и медно-цинковых циклах флотации.

Известь строительная (комовая) подается в процесс в виде суспензии – известкового молока, которое готовится в известковом отделении путем измельчения извести. Соприкасаясь с водой, гасится, выделяя большое количество теплоты, от которой могут воспламеняться горючие вещества.

Известковое молоко применяется в качестве регулятора среды, также является депрессором пирита; используется для осветления шахтных вод и обезвреживания тары из-под цианистого натрия.

Активированный уголь – черный порошок, обладает большой сорбционной способностью вследствие сильно развитой поверхности. Сорбционная способность у активированного угля марки КАД не менее 70– 80 %, а у угля марки УАФ – 80 %.

В процесс флотации активированный уголь подается в виде суспензии.

Угольная суспензия применяется в качестве сорбента в цикле десорбции медно-свинцовых концентратов перед селекцией. Уголь сорбирует на свою поверхность избыток реагентов, удаленных с поверхности минералов и находящихся в водной фазе пульпы.

Кроме того, угольная суспензия применяется для извлечения растворенного золота из хвостов свинцовой флотации.

Активированный уголь поступает на обогатительную фабрику, упакованным в мешки по 20–25 кг.

Активированный уголь не взрывоопасен, но может гореть, не самовозгорается, не ядовит.

Стекло натриево жидкое – является водным щелочным раствором силиката натрия и представляет собой густую пожаро- и взрывобезопасную жидкость желтого или светло серого цвета без механических примесей и включений, видимых невооруженным глазом. Хорошо растворим в воде. Применяется в натуральном виде в качестве депрессора пустой породы.

Флотореагент ОПСБ – применяют на фабрике в качестве вспенивателя при обогащении всех сортов руд, и дозируется в натуральном виде.

Это темно коричневая жидкость с запахом бутилового спирта с наличием взвешенных частиц. Реагент хорошо растворим в воде.

ОПСБ - горючая жидкость, температура вспышки 96–112 градусов. Флотореагент поступает на фабрику в железнодорожных цистернах.

Флотанол С-7 – легкоподвижная маслянистая жидкость, хорошо растворимая в воде, с ароматическим запахом, прозрачного цвета. Применяется на обогатительной фабрике в качестве вспенивателя.

Флокулянт – Flopat UG-978 – относится к анионным флокулянтам. Анионная активность составляет 23–45 % с высокой молекулярной массой.

Является универсальным реагентом для сгущения всех пульп при обогащении руд на фабрике.

При низких расходах реагента в цикле сгущения обеспечивается интенсификация разделения фаз (Ж/Т).

В процесс сгущения подается в виде раствора с концентрацией 0,03 % (0,3 г/л) – 0,05 % (0,5 г/л).

На фабрике D8 перерабатываются полиметаллические руды Малеевского месторождения, технологической схемой предусматривается коллективная (стадиальная) медно-свинцовая флотация с последующей селекцией медно-свинцового концентрата (флотация свинцовых минералов с депрессией медных). Хвосты медно-свинцового цикла подвергаются цинково-пиритной флотации; из цинково-пиритного концентрата флотируется сфалерит.

Руда автосамосвалами доставляется на обогатительную фабрику, где проходит три стадии дробления в корпусах крупного, среднего и мелкого дробления. Дробленая руда подается на склад главного корпуса.

Руда проходит предварительное обогащение в тяжелых суспензиях, которое позволяет выделить легкую фракцию с отвальным содержанием металлов. Обогащение руды в тяжелых суспензиях осуществляется в конусном сепараторе. Тяжелая фракция после отмывки додрабливается и подается в главный корпус обогатительной фабрики. Отмытая легкая фракция (хвосты предварительного обогащения) направляется в отвал и используется при приготовлении бетонно-закладочной смеси на руднике.

Обогащение полиметаллической руды осуществляется по двухстадийной схеме измельчения и коллективно-селективной схеме флотации с получением свинцового, медного, цинкового концентратов и отвальных хвостов. Медно-цинковая руда обогащается по селективной схеме флотации с получением медного и цинкового концентратов и отвальных хвостов. Технологией предусмотрено два варианта выпуска медно-свинцовых концентратов:

1 вариант Cu-Pb концентрат реализуется как Cu-содержащий свинцовый продукт;

2 вариант Cu-Pb концентрат поступает на цианидное разделение, которое включает основную, две контрольные и три очистные свинцовые флотации.

Концентрат свинцовой перечистки является товарным свинцовым концентратом, а камерный продукт свинцовой флотации представляет собой товарный медный концентрат. Хвосты медно-свинцовой флотации направляются на цинково-пиритную флотацию. Концентрат цинково-пиритной флотации поступает на разделение, которое

включает основную, контрольную и две цинковые флотации. Концентрат цинковой флотации является товарным цинковым концентратом. Хвосты цинково-пиритной флотации являются отвальными хвостами обогащения.

Сгущение концентратов производится в сгустителях, фильтрация – в барабанах с использованием барабанных фильтров, фильтров-прессов ФПАКМ и дисковых фильтров "Керамик". Слив цинкового сгустителя направляется в хвостохранилище. Сливы свинцового и медного сгустителей проходят очистку на гидрометаллургической установке и также поступают в хвостохранилище как хвосты обогащения. Концентраты после фильтрации направляются на склад, отгрузка концентратов потребителям осуществляется железнодорожным транспортом в пятитонных контейнерах.

Реагентное отделение производит прием реагентов на склад хранения, приготовление растворов и перекачку их в расходные емкости реагентов. Тара, в которой поставляются реагенты, возвращается поставщикам. Осветленный раствор закачивается автоматически в расходные емкости главного корпуса. К основным реагентам, применяемым на обогатительной фабрике D8, относятся: цианид натрия, цинковый купорос, сернистый натрий, сода кальцинированная, медный купорос, активированный уголь, аэрофлот, известь, вспениватели.

#### **3.4.6.8. Титановые, вольфрамовые, оловянные руды**

Оловянные руды. Промышленная ценность оловянной руды зависит от вещественного состава, размеров вкрапленности и содержания касситерита в ней, наличия других ценных компонентов и ряда техноэкономических факторов, определяющих целесообразность разработки того или иного месторождения.

Все научно-исследовательские работы, проведенные для выбора схемы обогащения, характеризуют руду как труднообогатимую. Это обусловлено высоким содержанием тонких частиц (шлама) пустой породы и значительным содержанием железистых минералов с высоким удельным весом, препятствующим извлечению касситерита в концентрат. В результате проведенных исследований рекомендована технологическая схема обогащения, основанная на гравитационных методах, которые обеспечивают получение концентрата практически любого качества. По схеме обогащения предусмотрено получение двух типов концентратов: богатый концентрат с содержанием олова 45,32 %; богатый промежуточный продукт с содержанием олова 4,90 % и извлечением олова в суммарный концентрат 56,1 %.

Вольфрамовые руды. Основные минералы вольфрамата – шеелит и вольфрамит, меньшее промышленное значение имеют ферберит и побнерит. Главные спутники – минералы молибдена, олова, меди, висмута, кварц, кальцит, флюорит, топаз, апатит и др.

Основная сложность, связанная с началом освоения вольфрамовых месторождений – отсутствие у Казахстана технологий обогащения. В настоящий момент растет темп развития вольфрамовой отрасли. К примеру, на месторождениях Верхнее

Кайрактинское и Северный Катпар ведутся дополнительные исследования, разрабатываются, совершенствуются и тестируются технологии обогащения руды.

Титановые руды. Главным титановым минералом, из которого производится более 85 % всей титановой продукции в мире, является один минерал – ильменит.

Титан и его сплавы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами (абсолютной прочностью, превосходящей все промышленные металлы; легкостью, лишь

в полтора раза уступающей алюминию, но большей в 12 раз твердостью; пластичностью;

исключительно высокой коррозионной стойкостью в морской воде и в некоторых агрессивных средах; высокой жароустойчивостью) являются ключевыми, во многих случаях, безальтернативными конструкционными материалами в авиа-, ракето-, машино- и судостроении, атомной энергетике и других стратегических отраслях промышленности

Титан и его сплавы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами (абсолютной прочностью, превосходящей все промышленные металлы; легкостью, лишь в полтора раза уступающей алюминию, но большей в 12 раз твердостью; пластичностью; исключительно высокой коррозионной стойкостью в морской воде и в некоторых агрессивных средах; высокой жароустойчивостью) являются ключевыми, во многих случаях, безальтернативными конструкционными материалами в авиа-, ракето-, машино- и судостроении, атомной энергетике и других стратегических отраслях промышленности.

#### **3.4.6.9. Свинцово-цинковые руды**

Наиболее распространена технология последовательной селективной флотации минералов свинца и цинка. Существенную часть свинцово-цинковых руд перед флотацией обогащают гравитационными методами. Это способствует снижению расходов флотореагентов. Коллективную флотацию с последующим разделением концентрата применяют редко (преимущественно при переработке руд с кварцево-карбонатной и полевошпатовой породой). Руду измельчают до 70 %–0,074 мм, режим коллективной флотации рН 7–7,5 (серная кислота), 8,5–9 (сода) или 11 (известь), изопропиловый или бутиловый ксантогенаты, этиловый ксантогенат, сернистый натрий, жидкое стекло.

Для повышения извлечения благородных металлов (в ассоциациях и сростках с рудными минералами) при селективной флотации свинцово-цинковых руд рекомендуется совместная подача бутилового аэрофлота и перекиси водорода в основную флотацию.

При флотации свинцово-цинковых руд, содержащих примеси вторичных минералов меди (малахит, азурит, халькозин, ковеллин), возникают трудности вследствие возможной активации сфалерита солями меди. Для удовлетворительного подавления

сфалерита в пульпе необходим избыток свободных ионов цианида; рекомендуется также подача сульфида натрия. Иногда лучшие результаты дает дробная подача цианида.

#### **3.4.6.10. Руды драгоценных металлов**

Драгоценные металлы извлекаются различными способами: из руды, концентратов, хвостов, пород старых отвалов пустой породы.

В качестве самого процесса переработки золотосодержащих руд применяются гравитационные и флотационные методы обогащения, а также гидрометаллургические методы извлечения золота (химическое выщелачивание, автоклавное окисление, бактериальное выщелачивание и другие), в том числе и их сочетания.

Каждый из этих методов имеет свои особенности. Гравитационное обогащение характеризуется минимальной степенью извлечения по сравнению с гидрометаллургическими и флотационными методами, однако является оптимальным решением с точки зрения влияния на окружающую среду и экономики. Гидрометаллургия обеспечивает максимальное извлечение, требуя наиболее высоких капитальных и эксплуатационных затрат.

Выбор применения той или иной технологии в первую очередь зависит от объемов техногенного минерального сырья и запасов находящегося в нем золота.

Гравитационные методы обогащения предусматривают разделение минеральных частиц, отличающихся размерами, плотностью и формой ввиду различия в характере и скорости их движения в текучих средах под действием силы тяжести и сил сопротивления среды. Являются наиболее эффективными методами для крупных частиц (более 0,1 мм). Крупные частицы плохо извлекаются флотационными или гидрометаллургическими методами. Кроме того, при классификации медных руд частицы золота практически не измельчаются ввиду ковкости металла и аккумулируются в мельнице-классификаторе. Выгрузка свободного золота осуществляются гравитационными аппаратами.

Первичное обогащение минерального сырья осуществляется посредством применения отсадочных машин, центробежных концентраторов, тяжелосредной сепарации, шлюзов, концентрационных столов.

Гидроциклоны, также выполняющие функции гравитационных аппаратов, применяют для обесшламливания и перечистки руд и концентратов. Гравитационные концентраты, получаемые при переработке коренных руд, содержат золото в количестве от 50 г/т до 5–10 кг/т.

Обогащение с помощью отсадочных машин основано на разделении минеральных зерен по плотности в воде, колеблющейся (пульсирующей) относительно разделяемых зерен в вертикальной плоскости. Пульсация среды создается специальным механизмом.

Преимуществами отсадочных машин являются возможность переработки неклассифицированного материала, высокая производительность по твердому на



единицу поверхности, возможность работы на пульпах с большим диапазоном Ж: Т. Недостатком является низкое качество получаемых концентратов, требующих последующей доводки, и невозможность улавливания тонкого золота крупностью менее 0,1 мм.

В центробежных концентраторах материал разделяется на более и менее плотные фракции под воздействием центробежного поля, создаваемого вращением конусного ротора с рифлями и под обратным воздействием потока промывочной (флюидизирующей) воды. Более плотная фракция, обогащенная золотом и серебром, движется навстречу потоку промывочной воды к стенкам ротора, а легкая обедненная фракция вытесняется к оси вращения и уходит в хвосты. Используют аппараты различной конструкции с периодической либо непрерывной разгрузкой концентрата. Преимуществами центробежных концентраторов являются возможность извлечения тонкого свободного золота крупностью менее 0,1 мм и высокие показатели по извлечению золота при обогащении минерального сырья относительно узких классов крупности. К недостаткам относятся невозможность эффективно обогащать сырье в широком диапазоне крупности вмещающей породы и ценных компонентов, потребность в относительно чистой воде без взвешенных частиц и высокая стоимость аппаратов. Центробежные концентраторы широко используют не только для первичного обогащения руд, но и для обогащения и обесшламливания флотоконцентратов. При обогащении из флотоконцентрата выводят крупные золотины и сульфиды, наиболее обогащенные драгоценными металлами и перерабатываемые затем по отдельной технологии. При обесшламливании из флотоконцентрата удаляют тонкие частицы малой плотности, обедненные драгоценными металлами и зачастую вызывающие технологическую упорность минерального сырья (например, углистые шламы).

Эффективность пенной флотации определяется возможностью извлечения как сульфидных минералов, обогащенных драгоценными металлами из бедного минерального сырья (руды, хвосты гравитации), так и свободного тонкого золота. Процесс основан на различной способности минералов удерживаться на границе раздела газовой и водной фаз. Суть процесса заключается в продувании воздуха через пульпу при интенсивном перемешивании. При этом гидрофобные частицы (обычно золото и сульфиды, обогащенные драгоценными металлами) прилипают к пузырькам продуваемого воздуха и увлекаются ими к поверхности пульпы, где их механически отделяют. Гидрофильные частицы остаются в слое пульпы, происходит селекция минералов. Для некоторых типов минерального сырья целесообразным является предварительное флотационное обогащение с целью удаления компонентов, вредных последующей переработке (углистое вещество, минералы меди, сурьмы и др.). При флотации широко используют различные реагенты, изменяющие поверхностные свойства разделяемых минералов и позволяющие управлять процессом. Применяют

различные собиратели, селективно гидрофобизирующие поверхность целевых минералов: ксантогенаты (бутиловый, амиловый, этиловый) и аэрофлоты и др. Вспенивателями служат сосновое масло, реагенты Т-66, Т-92 и др. Также используют активаторы поверхности целевых минералов (медный купорос и др.) и подавители флотации пустой породы (жидкое стекло и др.).

Применение разных способов гидрометаллургического метода извлечения драгоценных металлов связано с размерами зерен в исходном сырье. Для резервуарного выщелачивания требуется более мелкий размер зерна, чтобы обеспечить относительно короткое время пребывания в резервуарах для выщелачивания. Кучное выщелачивание позволяет получить более крупный размер зерна, так как время выщелачивания значительно больше. При кучном выщелачивании необходим относительно крупный размер зерен, чтобы обеспечить приток кислорода и обеспечить достаточно высокую проницаемость нагроможденного материала.

Гидрометаллургические методы заключаются во взаимодействии минерального сырья в водной среде с определенными реагентами, приводящими к растворению полезных или вредных компонентов. В случае растворения полезных компонентов (золота и серебра) их затем (или одновременно) извлекают из жидкой фазы. В случае растворения вредных компонентов нерастворимый остаток затем перерабатывают с целью извлечения драгоценных металлов.

Многие руды и концентраты содержат драгоценные металлы в виде тонких вкраплений (менее 10 мкм) в сульфидные и реже иные минералы. Если шаровый помол такого минерального сырья до крупности минус 0,04–0,1 мм не дает приемлемой степени вскрытия целевых компонентов для последующего их выщелачивания, то такое сырье считают упорным и применяют для его переработки специальные методы деструкции сульфидной (или иной) матрицы. Ниже описаны применяемые в промышленной практике гидрохимические, бактериально-химические и механохимические способы вскрытия сульфидного минерального сырья, а также другие специальные методы предварительной обработки, предваряющие процесс непосредственного выщелачивания драгоценных металлов.

К предварительным методам обработки минерального сырья для последующего выщелачивания драгоценных металлов относится жидкофазное автоклавное окисление (РОХ) с высокой технологической эффективностью, бактериальное окисление при помощи особых бактерий с возможностью достаточно полного безавтоклавного окисления сульфидов без использования кислорода (только воздуха) до степени, обеспечивающей высокое извлечение золота при последующем выщелачивании, сверхтонкий помол (до крупности 5- 40 мкм) для относительно богатых (10-100 г/т) концентратов для повышения извлечения ценных компонентов при последующем цианировании либо увеличения эффективности последующего жидкофазного окисления сульфидов, кислотно-кислородное окисление в целях достижения высоких

показателей окисления сульфидов и вскрытия ценных компонентов. Серноокислотное выщелачивание также может быть использовано в ряде случаев как предварительная операция для удаления примесей (цветных металлов и др.), вредных для последующего извлечения золота и серебра из минерального сырья (руды, концентраты обогащения, цементные осадки и др.). Для тонкоизмельченных продуктов (руд и концентратов) обычно реализуют пульповой процесс в агитационном режиме. Также возможен вариант с кучным серноокислотным выщелачиванием дробленых руд.

Выщелачивание гравитационного концентрата или концентрата из упорной руды с получением богатого золотосодержащего раствора осуществляется:

выщелачивание CN в резервуарах с использованием метода "Уголь в пульпе" (CIP);

выщелачивание CN в резервуарах с использованием метода выщелачивания углерода (CIL);

биоокисление и окисление под давлением (автоклавное окисление) с последующим выщелачиванием CN методом CIL (все процессы в закрытых резервуарах);

кучное выщелачивание с использованием раствора CN с последующим процессом Меррилла-Кроу, при котором золото осаждается на цинковом порошке.

Все упомянутые выше способы выщелачивания требуют дальнейшей обработки для получения пригодного для продажи продукта, т. е. переноса золота и серебра из активированного угля в сплав Доре, содержащее золото и серебро.

Комплексная установка для выщелачивания золота в резервуарах и состоит из следующих основных этапов:

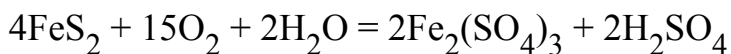
выщелачивание цианидом (CIL-процесс или CIP-процесс);

переработка золота (элюирование, электролиз, плавка и производство сплава Доре);

разрушение цианида (например, окисление);

приготовление реагентов (известь и цианистый натрий).

Жидкофазное автоклавное окисление сульфидов заключается в обработке пульпы техническим кислородом (редко кислородом воздуха) при температуре 100 °С - 200 °С и давлении 0,2–2 МПа в условиях перемешивания. При этом большинство сульфидных минералов окисляются до водорастворимых сульфатов. Например, для пирита характерна следующая реакция окисления:



Золото же в этих условиях практически нерастворимо, оно вскрывается и становится неупорным для последующего выщелачивания. После окисления сернокислые пульпы выдерживают 1–2 ч при температуре 90 °С для частичного гидролиза солей железа и "состаривания", дегидратации и уплотнения образуемых осадков. Затем пульпу охлаждают, отмывают водой от растворенных сернокислых примесей. Окисленный продукт направляют на выщелачивание золота, которое чаще всего проводится методом цианирования после предварительного защелачивания, но

также могут быть использованы и нецианистые растворители. Серебро также достаточно хорошо вскрывается в автоклавных условиях, однако, при снижении температуры и давления часть серебра соосаждается с паразитными соединениями и пассивируется для последующего выщелачивания. Разработаны способы минимизации данного явления. Для окисления используют технический кислород, получаемый на месте на специальном оборудовании (криоректификационные, адсорбционные и мембранные кислородные станции). К преимуществам автоклавного окисления сульфидов относится его высокая технологическая эффективность: продолжительность окисления составляет 1–3 ч при степени окисления сульфидов более 90 %, что обычно обеспечивает максимальное извлечение золота по сравнению с другими способами предварительного вскрытия.

Одним из примеров технологии переработки золота являются фабрика ЕЗ.

Гидрометаллургический передел с получением сплава Доре.

На фабрике ЕЗ крупнодробленая руда с низким содержанием меди системой конвейеров и питателей подается на первую (МПСИ) и вторую (шаровая мельница) стадию измельчения последовательно с добавлением воды. Для регулировки величины рН производится подача комовой извести в питание мельницы ПСИ.

Далее пульпа золотой руды пройдя через сороудерживающий грохот поступает на участок предварительного выщелачивания. Пульпа, прошедшая сквозь сито сороудерживающего грохота, перекачивается в распределительную емкость и поступает далее в первую или, в случае необходимости, во вторую емкость каскада выщелачивания. Предварительное выщелачивание производится в четырех емкостях объемом 2000 м<sup>3</sup> каждая, снабженными механическими мешалками, пульпа самотеком перетекает вниз по каскаду. В емкости через кольцевой трубопровод дозируется раствор цианида натрия. В последующих шести емкостях каскада происходит сорбция золота и серебра на активированный уголь. Сорбционные емкости снабжены МПУ, насосами для транспортировки угля и погружными грохотами. В сорбционных емкостях сорбционный процесс совмещен с довыщелачиванием золота и серебра из руды. По этой причине предусмотрена возможность подачи воздуха во все емкости этого каскада.

Для извлечения благородных металлов из активированных углей используется периодический процесс десорбции под давлением и при высокой температуре и электролиз в циркуляционном режиме. В процессе используются раствор соляной кислоты, раствор едкого натра и раствор цианида натрия.

После осаждения в электролизерах получают золотосеребряный катодный осадок, который выгружают вместе с катодным материалом, фильтруют, промывают водой и передают на пирометаллургический передел.

Обеззолоченный уголь подается на термическую реактивацию в печь при температуре 650–750 °С. Регенерированный уголь возвращается в процесс сорбционного выщелачивания. Катодный осадок влажностью 30 % прокаливается в обжиговой печи до влажности не более 5 %, подвергается кислотной "разварке" соляной кислотой, промывке водой и сушке. Плавка слиткой из катодного осадка производится в индукционной печи с добавлением флюсов - соды кальцинированной, буры безводной, кварца и селитры, при температуре 1100–1200 °С. Результат этапа - сплав Доре - готовая продукция золотоизвлекательной фабрики.

Так же, одним из примеров внедрения в Казахстане метода биовыщелачивания является предприятие I.

Отделение биовыщелачивания. Модули биовыщелачивания N1 и N2.

Флотоконцентрат после усреднения с привозными концентратами в сгустителе, нижний продукт концентрационного сгустителя СЦ-9 перекачиваются на сороудерживающую решетку, расположенную наверху накопительного чана ВЮХ. Отходы попадают в бункер для отходов участка

ВЮХ через желоб, в то время как подрешетный продукт попадает в накопительный чан ВЮХ. Накопительный чан оснащен агитатором Mixtec 1188 с мешалкой и имеет рабочий объем  $V=241,2$  м<sup>3</sup>.

Участок ВЮХ состоит из двух параллельно работающих модулей. Подача питания с накопительного чана в первичные реакторы первого и второго модуля производится параллельно. Насосами Warman 4/3 No40PP01/02 с регулируемой скоростью подачи, концентрат подается через делитель (сплиттер) на первичные реакторы 1-го модуля ВЮХ. Концентрат автоматически разжижается до определенной плотности пульпы с помощью введения технической воды в линию всасывания насоса через распределительный клапан, с помощью которого контролируется плотность.

Аналогично насосами Warman 4/3 No40PP01/02 производится подача питания на 2-й модуль ВЮХ.

Каждый модуль состоит из трех первичных (P1, P2, P3) и трех вторичных (S1, S2, S3) реакторов биовыщелачивания.

Пульпа разжиженного концентрата перекачивается питающими насосами на делитель (сплиттер) питания каждого модуля, который разделяет поток на три отдельных потока, и в то же время отбирается композитная проба пульпы.

Раствор питательных веществ из емкости приготовления питательных веществ также подается через сплиттер каждого модуля. Затем концентрат и питательные вещества перетекают в три первичных реактора, функционирующих параллельно. Полуокисленный концентрат из первичных реакторов P1, P2, P3 при помощи аэролифтов подается в первый из трех вторичных реакторов S1, работающих последовательно, (предусмотрен слив с первичных реакторов в зумпф для первичного

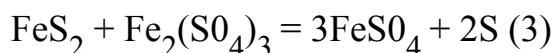
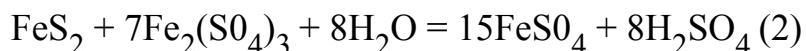
слива, а полуокисленный концентрат будет закачиваться в S1). Пульпа перетекает самотеком по желобам вторичных реакторов. Окисленный продукт биовыщелачивания из последнего вторичного реактора перетекает самотеком в первый промежуточный смесительный чан сгустителей противоточной декантации (ПТД).

Реакторы укомплектованы охлаждающими змеевиками, в которых циркулирует охлаждающая вода. Температура пульпы автоматически поддерживается на отметке 40 °С клапанами, контролирующими температуру во входных отверстиях к охлаждающим змеевикам каждого реактора. Требования к кислороду для сульфидного окисления высоки и воздух с низким давлением вводится в реакторы через барботажные кольца, установленные под турбинами мешалок.

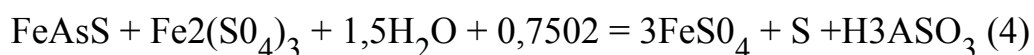
Мешалки реакторов биовыщелачивания представляют собой осевые гидротурбины, спроектированные для эффективной дисперсии воздуха. Уровень pH пульпы поддерживается вручную на уровне 1.2–1.8 добавлением концентрированной серной кислоты из кольцевой магистрали, с расходного склада серной кислоты.

Питательные вещества необходимы для роста и репродуктивности бактерий. Азот, калий и фосфор добавляются к питающей пульпе в сплиттер в виде 15 % раствора сульфата аммония, сульфата калия и гидрофосфата аммония. Эти реагенты также могут быть получены в виде заранее смешанного порошка. Эти реагенты готовятся в емкости приготовления питательных веществ, оснащенной мешалкой. Для подачи реагентов в емкость приготовления питательных веществ установлен питающий желоб (с вскрывателем мешков). Питающий раствор подается на сплиттер посредством насоса, дозирующего питательные вещества. Во время процесса приготовления питательные вещества подаются из расходной емкости питательных веществ.

Процесс окисления в первичных реакторах занимает около 60 часов. В это время извлечение мышьяка незначительно, и бактерии окисляют в основном сульфидные минералы, содержащие железо по следующим реакциям:



Из реакторов первичного биовыщелачивания пульпа подается во вторичные реакторы модулей биовыщелачивания No1 и No2. Процесс окисления во вторичных реакторах занимает также 60 часов. В это время бактерии интенсивно окисляют арсенопирит, при этом мышьяк и железо переходят в раствор в низших валентностях ( $\text{As}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ ).



От реакторов биовыщелачивания в атмосферу неорганизованно выделяются пары серной кислоты и диоксид серы.

Отделение противоточной декантации и нейтрализации. После бактериального окисления сульфидных минералов, растворенное железо, мышьяк и кислота должны быть отделены от окисленных минералов до процесса цианирования. Это достигается при трехэтапном процессе противоточной декантации (ПТД). Некачественное промывание может привести к низкому извлечению золота и чрезмерному вспениванию в процессе цианирования.

Для удаления этих веществ продукт биовыщелачивания промывается в ряде сит, состоящем из трех сгустителей ПТД (CCD1, CCD2, CCD3). Продукт биовыщелачивания самотеком поступает с реакторов S3 и S1-3 каждого модуля в первый промежуточный смесительный чан, где он смешивается со сливом из второго сгустителя CCD2. Промежуточные смесительные чаны укомплектованы мешалками для улучшения промывки концентрата. Раствор флокулянта подается в стакан питания первого сгустителя CCD1. Слив первого сгустителя перетекает в зумпф насосов Warman 8/6 и перекачивается на участок нейтрализации. Пески с первого сгустителя CCD1 перекачиваются песковыми насосами Verderflex VF-125 в промежуточный смесительный чан перед вторым сгустителем CCD2.

Вода для промывки закачивается в промежуточный смесительный чан перед третьим сгустителем CCD3. Пески со второго сгустителя смешиваются с промывочной водой в данном промежуточном смесительном чане. Пульпа снова флокулируется перед попаданием в резервуар питания третьего сгустителя. Слив с этого сгустителя перетекает по желобу в промежуточный смесительный чан перед тем, как попасть во второй сгуститель. Пески с третьего сгустителя CCD3 перекачиваются в контактный чан No1, расположенный в здании нового ПТД. Из контактного чана No1 пульпа перекачивается насосами Warman 4/3 в контактный чан No2, расположенный на участке СІІ.

Участок ПТД оборудован двумя специальными системами приготовления флокулянтов "Автоматическая установка для расщипки и дозирования" двух типов: тип ФАБ мини, тип Сіба.

Установки используются для приготовления, очистки, первичной обработки твердых или жидких полиэлектролитов ряда продуктов, таких как магнафлок. Установки состоят из бункера флокулянта, перекачивающего насоса флокулянта, шнекового питателя, распределительной пластины, циклонной воронки, чана приготовления, дозирующего насоса, дозирующей

емкости и системы добавки воды. Концентрация основного раствора в зависимости от продукта составляет около 0,5–1,0 вес. %.

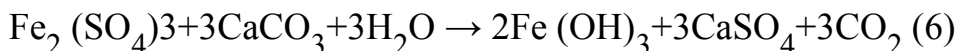
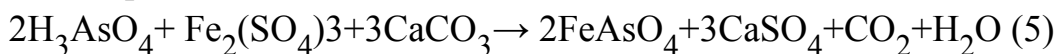
После приготовления флокулянт перекачивается в один из расходных баков, где доводится до концентрации 0,05 вес. %, путем добавления воды. Содержимое расходного бака флокулянтов перемешивается воздухом. Из расходного бака флокулянт подается на дозирующие насосы.

Слив со сгустителей противоточной декантации имеет высокую концентрацию серной кислоты, трехвалентного железа и мышьяка и должен

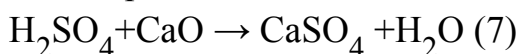
быть нейтрализован перед захоронением. Нейтрализацию данных промышленных отходов необходимо проводить в 2 этапа с использованием хвостов флотации до достижения уровня pH 5 на первом этапе и pH 7 на втором этапе, с использованием известкового раствора.

Реакции нейтрализации:

этап 1: pH 5



этап 2: pH 7



Верхний слив сгустителя CCD No1 закачивается в приемную ванну, где разделяется на два потока. Первый поток проходит последовательно по первой линии нейтрализации, состоящий из чанов нейтрализации NoNo1,2,3. Второй поток по второй линии, состоящий из чанов нейтрализации NoNo1-1,1-2,1-3.

Хвосты флотации также откачиваются в первую, вторую, третью и четвертую емкость нейтрализации в качестве нейтрализующего агента. Пульпа протекает через ряд из трех емкостей нейтрализации каждой линии. Содержимое емкостей нейтрализации перемешивается. Фильтрат перетекает из одной емкости в другую через перепускные желоба. Растворение карбонатов, представленных в хвостах флотации, приведет к тому, что уровень pH будет выше 4 в первой емкости каждой линии нейтрализации; pH пульпы увеличится до 7 в третьей емкости каждой линии посредством добавления извести. Нейтрализованный поток перетекает через перепускной желоб из последней емкости нейтрализации каждой линии в сгуститель хвостов WRT-1 и WRT 1-1.

Пески сгустителя хвостов WRT-1, WRT 1-1 перекачиваются в зумпф насосов Warman 8/6 и далее транспортируются на флотационное хвостохранилище. Верхний слив из каждого сгустителя самотеком перетекает в емкость с технической водой. Насосы для перекачки технической воды распределяют воду на участки BIOX и противоточной декантации.

От отделения противоточной декантации и нейтрализации, находящегося в главном корпусе, системой общеобменной вентиляции от контактных чанов выделяются пары серной кислоты. Выброс паров серной кислоты в атмосферу осуществляется через трубу диаметром 0,25 м на высоте 12 м.

На участке приготовления флокулянта в главном корпусе при загрузке "Магнофлок-333" и "Мангнофлок-351" в смесительную установку для приготовления раствора в атмосферу выделяется пыль флокулянта (ПАА) через свечу высотой 12 м и диаметром



0,2 м. На участке установлено три емкости: одна для приготовления 1 %-го раствора ПАА, вторая и третья – для 0,05 %-го раствора ПАА.

От отделения противоточной декантации и нейтрализации, находящегося в отдельно стоящем здании, системой общеобменной вентиляции от контактных чанов выделяются пары серной кислоты, а также пыль флокулянта (ПАА) при загрузке "Мангнофлока-351" в смесительную установку.

Выброс паров серной кислоты и пыли флокулянта (ПАА) в атмосферу осуществляется через 4 трубы на высоте 23,3 м и диаметром 0,71 м.

#### **3.4.7. Складирование, транспортирование**

Полученный в процессе обогащения концентрат складировается на территории рудника до доставки его потребителю на место последующей переработки. Концентрат располагается штабелями в крытых складах, на открытых площадках или закрытых внутренних помещениях.

Хранение в штабелях в закрытых помещениях уменьшает потери от распыления, заиливания, растворения. На открытых площадках хранятся, обычно, концентраты небольшой ценности. Размеры складских помещений зависят от способа и периодичности перевозки, на которую влияет потребность в доставке концентрата на месте переработки, а также система приема. Концентрат транспортируется чаще по железной дороге, если расстояние большое или объем груза велик. Небольшие перевозки осуществляются грузовым автотранспортом.

При складировании и транспортировании концентрата в атмосферный воздух выделяется пыль. На объекте В6 для предотвращения поступления пыли в окружающую среду при транспортировке и переработке руды (в местах пересыпа мелких фракций) предусмотрены установки пылеудаления, состоящие из циклонов марки Ц-15-900П со степенью очистки до 90,0 %. Собранная пыль от установок пылеудаления возвращается в технологический процесс обогащения. Полученный концентрат автотранспортом вывозится на железнодорожный тупик для отправки железнодорожным транспортом потребителю.

#### **3.4.8. Сточные воды обогатительных фабрик, их очистка и использование**

Сточные воды обогатительных фабрик содержат твердые частицы различной крупности, а также растворенные и диспергированные в воде вещества. Основными источниками загрязнения сточных вод являются органические и неорганические флотационные реагенты, а также продукты их взаимодействия с компонентами руды.

Радикальное решение проблемы охраны водоемов от загрязнения сточными водами обогатительных фабрик - организация оборотного водоснабжения, при котором сточные воды, полученные при обогащении руды, не сбрасываются, а возвращаются для повторного использования.

Загрязнение сточных вод заметно снижается при замене в процессах обогащения особо токсичных и трудноудаляемых веществ. Важное значение имеет создание

условий, предотвращающих попадание в сточные воды масел, применяемых для смазки мельниц и другого оборудования.

Образующиеся на обогатительных фабриках производственные сточные воды могут быть разделены на две основные неравные группы: хвосты в виде пульпы и различные сливы, в том числе сливы сгустителей концентратов.

Хвосты составляют подавляющую часть (60–90 %) общего объема всех сточных вод фабрики. В них концентрируются нерудные компоненты в виде твердых частиц различной крупности. Содержание твердого в хвостах составляет 20–40 %.

Наибольшее распространение на обогатительных фабриках получили реагентные методы очистки, связанные с применением гашеной извести, известняка, хлорной извести, гипохлорита кальция, жидкого хлора, железного купороса и других химических веществ.

Очистка от ионов тяжелых металлов (меди, никеля, цинка, свинца, кадмия) может быть осуществлена осаждением их в виде труднорастворимых в воде соединений.

В результате очистки хлорной известью, гипохлоритом натрия или жидким хлором цианиды полностью разрушаются, а тяжелые металлы осаждаются в виде труднорастворимых соединений.

Сточные воды очищают от цианидов с применением:

озона в качестве окислителя;

ионного обмена с высокоосновным анионитом АВ-17;

метода отгонки для очистки сточных вод с высоким содержанием цианидов;

электрохимического метода с анодами из графита или магнетита;

сульфата двухвалентного железа.

Известные механические, химические и биохимические методы очистки сточных вод обогатительных фабрик в тех случаях, когда требуется весьма глубокая очистка от нефтепродуктов, оказываются практически непригодными. Задача эффективной и экономичной глубокой очистки больших объемов сточных вод обогатительных фабрик от нефтепродуктов остается пока нерешенной.

#### **3.4.9. Хвостовое хозяйство**

Основными отходами процесса обогащения руд цветных металлов являются "хвосты", образующиеся в технологических операциях измельчения, классификации, обогащения, сгущения, фильтрования. Объемы хвостов составляют от 40 % до 83 % от объема обогащаемого материала - в зависимости от уровня содержания металла в перерабатываемых рудах.

Помимо хвостов к отходам производства обогатительных фабрик следует отнести сорбенты, фильтры, фильтровальные материалы, утратившие потребительские свойства, отходы обслуживания и ремонта оборудования, которое не подлежит утилизации, сдачи в металлолом.

Пыль аспирационная (газоочистки) образуются в процессе очистки циклонов. Накапливается в бункерах циклонов, затем возвращается обратно в технологический цикл, либо вывозится на полигоны отходов.

Для размещения хвостов (отходов обогащения) сооружаются хвостохранилища, оборудованные оградительными дамбами, системами водоотведения сточных вод и их очистки. Для предотвращения загрязнения грунтов и подземных вод непроницаемость основания хвостохранилища обеспечивают при необходимости уплотняющим материалом (уплотненные глинистые покрытия) или покрытиями в виде геомембран. Технология обустройства площадок для складирования вскрышных пород обычно проще, так как там не требуется дамб обвалования. Прочность и плотность грунта на этих участках предварительно исследуется. Также управление поверхностным стоком планируется до начала складирования.

#### **4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов**

В настоящем разделе описываются общие методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Настоящий раздел охватывает системы управления охраной окружающей среды, интегрированные в технологические процессы производственного цикла. Рассматриваются вопросы предотвращения образования и утилизации отходов, а также техники, позволяющие сократить потребление сырья, воды и энергии за счет оптимизации и многократного использования. Описанные техники охватывают меры, используемые для предотвращения или ограничения экологических последствий.

Раздел не охватывает исчерпывающий перечень техник. Могут использоваться другие техники по отдельности или в комбинации при условии обеспечения уровня защиты окружающей среды.

К снижению нагрузки на окружающую среду приводят общие организационные мероприятия по совершенствованию подходов к управлению и организации производства, учет аспектов воздействия на окружающую среду объектов горно-обогатительного комплекса на стадии разработки проектной документации, выбору материалов и реагентов с минимально возможным негативным воздействием на окружающую среду, мероприятия по переходу на малоотходные/безотходные технологии, логистика производства, контроль эффективности производственного процесса, внедрение АСУ производственными процессами, обеспечение безаварийной эксплуатации производства, подготовка и повышение квалификации персонала и др.

##### **4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды**

Для комплексного предотвращения или минимизации выбросов необходимо использовать методы и меры, которые позволяют избежать или ограничить выбросы в воздух, воду или почву, и при этом обеспечивается высокий уровень защиты окружающей среды в целом; необходимо принимать во внимание следующие факторы: безопасность установки, влияние утилизации отходов на окружающую среду, экономичное и эффективное использование энергии.

Неизбежные выбросы необходимо улавливать в месте возникновения, если это возможно при условии приложения соразмерных усилий. Меры по ограничению уровня выбросов должны соответствовать современному уровню технического развития. Положения настоящего справочника по НДТ не должны выполняться путем принятия мер, при которых загрязнения переносятся в другие среды, например, в воду или почву, вопреки современному уровню технического развития. Эти меры должны быть направлены на снижение как массовой концентрации, так и массовых потоков или пропорций, исходящих от установки загрязняющих воздух веществ. Они должны надлежащим образом применяться во время эксплуатации установки.

При определении требований необходимо, в частности, учитывать следующие факторы:

- выбор интегрированных технологических процессов с максимально высоким выходом продукции и минимальным объемом эмиссий в окружающую среду в целом;

- оптимизация процесса, например, путем широкого использования исходных материалов и производства побочных продуктов;

- замещение канцерогенных, мутагенных или отрицательно влияющих на репродуктивность исходных материалов;

- сокращение объема отходящих газов, например, путем использования систем рециркуляции воздуха с учетом требований техники безопасности;

- экономия энергии и сокращение выбросов газов, влияющих на климат, например, путем оптимизации энергозатрат при планировании, строительстве и эксплуатации установок, утилизации энергии внутри установки, использования теплоизоляции.

Комплексный подход к защите окружающей среды подразумевает под собой систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия производственной деятельности предприятий (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и образование/размещение отходов) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрения и применения НДТ с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия должны уделять особое внимание вопросам охраны окружающей среды, что выражается в:

- использовании сырья с низким содержанием тяжелых металлов, в том числе путем сотрудничества с поставщиками с целью их удаления из сырьевых материалов;

обязательном учете сырья и вспомогательных материалов, энергии, потребляемых или производимых объектом;

документировании всех источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющихся на объекте, их характера и объема, а также выявление случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

используемых технологических решений и иных методов по очистке от загрязняющих веществ сточных вод и отходящих газов, и внедрению НДТ по сокращению норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

разработке эффективных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведению сертификации производства в СЭМ;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении экологических разрешений от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований экологического законодательства и пр.

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от загрязняющих веществ с процессом утилизации уловленных веществ. "В чистом виде" очистка вредных выбросов малоэффективна, так как с его помощью далеко не всегда удается полностью прекратить поступление загрязняющих веществ в окружающую среду, т.к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого.

К примеру, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды, если сточные воды не обрабатываются должным образом. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок тоже вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией загрязняющих веществ. Наконец, работа большей части очистных сооружений требует значительных энергетических затрат, что в свою очередь тоже небезопасно для окружающей среды.

Устранение самих причин загрязнения требует внедрения малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для окружающей среды веществ.

Использование определенных типов отходов в качестве альтернативных видов топлива позволит снизить использование ископаемого природного топлива, объемы накопления образованных отходов и снижению выбросов. Однако, при подборе материала должны учитываться химический состав отхода и экологические последствия, которые может вызвать процесс переработки каждого вида отходов.

Технологические операции, связанные с отключением или обходом систем очистки отходящих газов, должны разрабатываться и осуществляться с учетом низкого уровня выбросов, а также контролироваться путем фиксации соответствующих технологических параметров. На случай выхода из строя очистного оборудования необходимо предусмотреть меры для незамедлительного максимального сокращения выбросов с учетом принципа соразмерности.

#### **4.2. Внедрение систем экологического менеджмента**

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды. СЭМ является наиболее действенной и эффективной, когда она образует неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки. В частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также путем определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования управления охраной окружающей средой. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы, такой как ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. Некоторые системы обеспечивают дополнительную достоверность в связи с взаимодействием с общественностью посредством заявления об охране окружающей среды и механизма обеспечения соблюдения применимого экологического законодательства [37]. Однако не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

Стандартизированные (ISO 14001:2015 и/или национальные документы в области стандартизации) и не стандартизированные системы в принципе применяются к

организациям, настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), а также применимых правовых требований, касающихся окружающей среды;

экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

выполнение процедур, требующих особого внимания:

структура и ответственность;

набор, обучение, информированность и компетентность персонала, чья работа может повлиять на экологические показатели;

внутренние и внешние коммуникации;

вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;

документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, а также соответствующих записей);

эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

программа технического обслуживания;

готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и /или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;

обеспечение соответствия экологическому законодательству;

обеспечение соблюдения экологического законодательства;

проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

мониторинг и измерение;

корректирующие и превентивные действия;

ведение записей;

независимый внутренний и внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;

обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

подготовку регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;

валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

следование за развитием более чистых технологий;

рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и протяжении всего срока его службы;

применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);

систему управления отходами;

на установках/объектах с несколькими операторами создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;

инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу и др.

Поддержание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дает гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия экологического разрешения, достигаются поставленные цели и решаются задачи. СЭМ обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

Все значительные входные (включая потребление энергии) и выходные потоки (выбросы, сбросы, отходы) взаимосвязано управляются оператором в кратко- средне- и долгосрочном аспектах, с учетом особенностей финансового планирования и инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных решений по очистке выбросов и сбросов ("на конце трубы") может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

Цель применения методов экологического менеджмента заключается в снижении воздействия установки на окружающую среду в целом. Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам.

Охват (например, уровень детализации) и формы СЭМ (как стандартизованной, так и не стандартизованной) должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню его воздействия на окружающую среду.

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей СЭМ на должном уровне вызывает затруднения.

СЭМ может обеспечить ряд преимуществ, например:

улучшение экологических показателей предприятия;

улучшение основы для принятия решений;



улучшение понимания экологических аспектов компании;

улучшение мотивации персонала;

дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции;

улучшение экологической результативности;

снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и др.

На ряде предприятий, рассмотренных в рамках данного справочника по НДТ, функционируют СЭМ. К примеру СЭМ, соответствующая СТ РК ISO 14001, внедрена на предприятиях ТОО "Корпорация Казахмыс", ТОО "KAZ Minerals Bozshakol" и др.

К примеру, на предприятии ТОО "Казцинк" внедрена интегрированная система менеджмента (ИСМ). В ИСМ включены системы менеджмента качества, окружающей среды, охраны здоровья и обеспечения безопасности труда и система энергоменеджмента, объединенные общей политикой, целями и методами достижения этих целей. Кроме принципов менеджмента, общих для всех подсистем, в них применяются специфические методы и процедуры менеджмента в соответствии с требованиями стандартов ISO 9001, ISO 14001 и ISO 50001.

#### **4.3. Внедрение систем энергетического менеджмента**

НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энергоменеджмента (далее – СЭнМ). Реализация и функционирование СЭнМ могут быть обеспечены в составе существующей системы менеджмента (например, СЭМ) или создания отдельной системы энергоменеджмента.

В состав СЭнМ входят в той мере, в какой это применимо к конкретным условиям, следующие элементы: приверженность высшего руководства в отношении системы менеджмента энергоэффективности на уровне предприятия; политика в области энергоэффективности, утвержденная высшим руководством предприятия; планирование, а также определение целей и задач; разработка и соблюдение процедур, определяющих функционирование системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 [38].

Особое внимание уделяется следующим вопросам:

организационной структуре системы;

ответственности персонала, его обучению, повышению компетентности в области энергоэффективности;

обеспечению внутреннего информационного обмена (собрания, совещания, электронная почта, информационные стенды, производственная газета и др.);

вовлечению персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

ведению документации и обеспечению эффективного контроля производственных процессов;

обеспечению соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют); определению внутренних показателей энергоэффективности и их периодической оценке, а также систематическому и регулярному сопоставлению их с отраслевыми и другими подтвержденными данными.

При оценке результативности ранее выполненных и внедрении корректирующих мероприятий должно уделяться особое внимание следующим вопросам:

мониторингу и измерениям;

корректирующим и профилактическим действиям;

ведению документации;

внутреннему (или внешнему) аудиту с целью оценки соответствия системы установленным требованиям, результативности ее внедрения и поддержания ее на соответствующем уровне;

регулярному анализу СЭнМ со стороны высшего руководства на соответствие целям, адекватности и результативности;

учету при проектировании новых установок и систем возможного воздействия на окружающую среду, связанное с последующим выводом их из эксплуатации;

разработке собственных энергоэффективных технологий и отслеживании достижений в области методов обеспечения энергоэффективности за пределами предприятия.

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяют снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1–3 % (на начальном этапе до 10–20 %), что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов [39, 40, 41]. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ)

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение потребления энергии и ресурсов, улучшение экологических показателей и поддержание высокого уровня эффективности этих показателей.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяют снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1–3 % (на начальном этапе до 10–20 %), что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ).

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Сокращение выбросов парниковых газов.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или не стандартизированная) будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, повышение уровня мотивации и вовлечения персонала, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

СЭнМ успешно внедрена на предприятиях ТОО "Казцинк", АО "Варваринское" и др.

## **4.4. Мониторинг эмиссий**

### **Описание**

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами. Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду.

### **Техническое описание**

Одним из наиболее важных вопросов является контроль эффективности процессов, связанных с очисткой выбросов, сбросов, удалением и переработкой отходов для того, чтобы можно было провести анализ о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлению и устранению возможных аварий и инцидентов.

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого сырьевого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения выбросов, при этом она должна быть достаточной, чтобы получить репрезентативные данные для контролируемого параметра.

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы), а также в зоне воздействия в тех случаях, когда это необходимо для отслеживания соблюдения экологического законодательства.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты, должны соответствовать стандартам, действующим на территории РК. Использование международных стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами РК.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели как: режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и останова, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, определении точек отбора проб, количестве проб и продолжительности их отбора, необходимо учитывать такие факторы как:

режим работы установки и возможные причины его изменения;

потенциальную опасность выбросов;

время необходимое для отбора проб с целью получения наиболее полной информации об определяемом загрязняющем веществе в составе газа.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечены максимальные выбросы (максимальная нагрузка).

При этом для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, могут быть использованы случайный отбор или объединенные суточные пробы (24 часа), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

При отборе проб не приемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как при помощи инструментальных замеров, так и расчетным методом.

Результаты измерений должны быть репрезентативными, взаимно сопоставимыми и четко описывать соответствующее рабочее состояние установки.

### **Точки отбора проб**

Точки отбора проб должны соответствовать требованиям законодательства РК в области измерений. Точки отбора проб должны:

быть четко обозначенными;

если возможно, иметь постоянный поток газа в точке отбора;

иметь необходимые источники энергии;

иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;

обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

### **Компоненты и параметры**

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, присутствующие в эмиссиях в окружающую среду (выбросы,

сбросы), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

### **Стандартные условия**

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

температуру окружающей среды;

относительную влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);

объем газовой смеси;

температуру отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);

содержание водяных паров;

статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

содержание кислорода.

Данные параметры могут использоваться при определении наличия определенных компонентов в отходящем потоке газа, например, температура, содержание кислорода и пыли в газе могут указывать на разложение ПХДД/Ф. Значение рН в сточных водах может также использоваться для определения эффективности осаждения металлов.

Помимо наблюдений за качественными и количественными показателями отходящих потоков, мониторингу подлежат параметры основных технологических процессов, к которым относятся:

количество загружаемого сырья;

производительность;

температура горения (или скорость потока);

количество подсоединенных аспирационных установок;

скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из электрофильтра вместо концентрации пыли;

датчики утечки для применяемого очистного оборудования (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышеперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки дымовых газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких как напряжение и электричество (электрофильтры), перепад давления (рукавные фильтры) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

### **Непрерывное и периодическое измерение выбросов**

Непрерывный мониторинг выбросов предполагает постоянное измерение АСМ, установленной на источнике выбросов.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в газах или в сточных водах, и в некоторых случаях точные концентрации могут определяться непрерывно или в виде средних значений в течение согласованных периодов времени (почасово, посуточно и т. д.). В этих случаях анализ средних значений и использование процентилей могут обеспечить гибкий метод демонстрации соответствия условиям разрешения, а средние значения можно легко и автоматически оценить.

Для источников и компонентов выбросов, которые могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду, следует установить непрерывный мониторинг. Пыль может оказывать значительное воздействие на окружающую среду и здоровье, содержать токсичные компоненты. Постоянный мониторинг пыли позволяет также определить разрывы мешков в рукавных фильтрах.

Периодические измерения включают определение измеряемой величины с заданными временными интервалами с использованием ручных или автоматизированных методов. Указанные промежутки времени обычно являются регулярными (например, один раз в месяц или один раз/два раза в год). Длительность отбора определяется, как период времени, в течение которого образец отбирается. На практике иногда выражение "точечный отбор" используется аналогично "периодическому измерению". Количество отбираемых проб может быть различным, в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения достоверных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение, как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время измерений, точки отбора проб, измеряемые вещества (т. е. загрязнители и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе при определении целей мониторинга. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также может быть и 60 минут в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места установки датчиков – в случае использования автоматизированных систем). Так, например, в случаях низких концентрации пыли или необходимости определения ПХДД/Ф может потребоваться больше времени для отбора проб.

Оценку воздействия выбросов и их сокращение с течением времени следует сопоставлять с относительной долей неорганизованных и организованных источников выбросов на конкретном участке. Сравнение этих результатов со стандартами качества окружающей среды, пределом воздействия на рабочем месте или прогнозируемыми значениями концентраций.

Местоположения точек отбора должны соответствовать стандартам безопасности, быть легкодоступными и иметь достаточный размер.

#### **4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу**

Организованные выбросы в атмосферный воздух, а также параметры процессов контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

Тип использованного мониторинга (непрерывные или периодические измерения) зависит от ряда факторов, таких как: природа загрязняющего вещества, экологическая значимость выбросов или ее изменчивость [42].

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений, из которых можно выделить:

инструментальный метод, основанный на автоматических газоанализаторах, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный – основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения);

расчетный метод – основанный на использовании методологических данных.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе может проводиться как для организованных источников выбросов, так и для неорганизованных источников.

Мониторинг концентраций ЗВ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. Для измерений образец дымового газа извлекается из газохода, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий путем непрерывных измерений (автоматизированный мониторинг) осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, а также в газоходе с соблюдением действующих в РК стандартов отбора проб.

Особое внимание следует уделить мониторингу неорганизованных выбросов, так как их количественное определение требует больших трудовых и временных затрат. Имеются соответствующие методики измерения, но уровень достоверности результатов, получаемых с их применением, низок, и в связи с увеличением числа потенциальных источников оценка суммарных неорганизованных выбросов/сбросов может потребовать более существенных затрат, чем в случае выбросов/сбросов от точечных источников.

Ниже рассмотрены некоторые методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения, во время погрузочно-разгрузочных операций, а также выбросов, возникающих в результате деятельности вспомогательных участков (очистных сооружений и пр.);

использование устройств для оптического мониторинга (обнаружение и определение концентраций загрязняющих веществ в результате утечки с подветренной от предприятия стороны с использованием электромагнитного излучения, которое поглощается и/или рассеивается загрязняющими веществами);

метод материального баланса (учет входного потока вещества, его накопление, выходной поток этого вещества, а также его разложение в ходе технологического процесса, после чего остаток считается поступившим в окружающую среду в виде выбросов);

выпуск газа-трассера в различные выбранные точки или зоны на территории предприятия, а также в точки, расположенные на разной высоте на этих участках;

метод оценки по принципу подобия (количественная оценка выбросов исходя из результатов измерения качества воздуха с подветренной стороны с учетом метеорологических данных);

оценка мокрых и сухих осадений загрязняющих веществ с подветренной от предприятия стороны, что позволит впоследствии оценить динамику этих выбросов (за месяц или за год).

Нет методов измерений, которые применимы для общего использования на всех участках, и методологии измерений отличаются от участка к участку. Имеются значительные воздействия от других источников поблизости от промплощадки, такие как вспомогательные производства, транспорт и иные источники, которые сильно затрудняют экстраполяцию. Следовательно, полученные результаты относительно или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и может быть определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

Мониторинг неорганизованных выбросов, попадающих в атмосферу от неплотностей технологического оборудования, должен проводиться с помощью оборудования для обнаружения утечек ЛОС. Если объемы утечек малы и их



невозможно оценить инструментальными замерами, то может применяться метод массового баланса в сочетании с отдельными измерениями концентраций загрязняющих веществ.

Описанные методы для мониторинга неорганизованных выбросов были разработаны с учетом международного опыта, и находятся на той стадии, когда они не могут выдать точные и надежные фактические показатели, однако они позволяют показывать ориентировочные уровни выбросов или тенденции возможного увеличения выбросов за определенный период времени. В случае применения одного или нескольких предлагаемых методов необходимо учитывать местный опыт использования, знания местных условий, особой конфигурации установки и т. п.

Методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются соответствующими национальными нормативно-правовыми актами.

#### **4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты**

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

В рамках производственного мониторинга состояния водных ресурсов предусматриваются контроль систем водопотребления и водоотведения и осуществление наблюдений за источниками воздействия на водные ресурсы рассматриваемого района, а также их рационального использования.

Результаты мониторинга позволяют своевременно выявить и провести оценку происходящих изменений окружающей среды при осуществлении производственной деятельности.

Мониторинг состояния водных ресурсов включает:

операционный мониторинг – наблюдения за работой и эффективностью очистных сооружений сточных вод;

мониторинг эмиссий – наблюдения за объемами сбрасываемых сточных вод и их соответствия установленным нормативам; наблюдения за качеством сточных вод и их соответствия установленным нормам ПДС;

мониторинг воздействия – наблюдения за качеством вод приемника сточных вод – пруда-накопителя (фоновые концентрации загрязняющих веществ).

Производственный мониторинг в области охраны и использования водных объектов включает регулярный контроль нормируемых параметров и характеристик:

технологических процессов и оборудования, связанных с образованием сточных вод;

мест водозабора и учета используемой воды;

выпусков сточных вод, в том числе очищенных;  
сооружений для очистки сточных вод и сооружений систем канализации;  
систем водопотребления и водоотведения;

поверхностных и подземных водных объектов, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территорий водоохраных зон и прибрежных защитных полос.

Метод непрерывных измерений наряду с оценкой выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух широко применяется также для определения параметров сточных вод промышленных предприятий. Измерения проводятся непосредственно в потоке сточных вод.

Основным параметром, который практически всегда устанавливается в ходе непрерывных измерений, является объемный расход сточных вод. Дополнительно в процессе непрерывного мониторинга в потоке сточных вод могут определяться следующие параметры:

рН и электропроводимость;  
температура;  
мутность.

Выбор в пользу использования непрерывного мониторинга для сбросов, зависит от: ожидаемого воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду с учетом особенностей местных условий;

необходимости мониторинга и контроля производительности установки по очистке сточных вод для возможности быстрого реагирования на изменения параметров очищенной воды (при этом минимальная частота проведения замеров может зависеть от конструкции очистных сооружений и объемов сбросов сточных вод);

наличия и надежности измерительного оборудования и характера сброса сточных вод;

затрат на непрерывные измерения (экономической целесообразности).

#### **4.5. Проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования и техники**

Система ППР – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение износа и содержание в работоспособном состоянии оборудования.

Сущность системы ППР состоит в том, что после обработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации.

Система ППР предусматривает также комплекс профилактических мероприятий по содержанию и уходу за оборудованием.

Она исключает возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа, предусматривает предварительное изготовление деталей и узлов, планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах.

Положения о ППР разрабатываются и утверждаются отраслевыми министерствами и ведомствами и являются обязательными для выполнения предприятиями отрасли.

Основное содержание ППР – внутрисменное обслуживание (уход и надзор) и проведение профилактических осмотров оборудования, которое обычно возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал, а также выполнение плановых ремонтов оборудования.

Системой ППР предусматриваются также плановые профилактические осмотры оборудования инженерно-техническим персоналом предприятия, которые производятся по утвержденному графику.

Грузоподъемные машины, кроме обычных профилактических осмотров, подлежат также техническому освидетельствованию, проводимому лицом по надзору за этими машинами.

Системой ППР предусматриваются ремонты оборудования 2-х видов: текущие и капитальные.

Текущий ремонт оборудования включает выполнение работ по частичной замене быстроизнашивающихся деталей или узлов, выверке отдельных узлов, очистке, промывке и ревизии механизмов, смене масла в емкостях (картерных) систем смазки, проверке крепления и замене вышедших из строя крепежных деталей.

При капитальном ремонте, как правило, выполняется полная разборка, очистка и промывка ремонтируемого оборудования, ремонт или замена базовых деталей (например, станин); полная замена всех изношенных узлов и деталей; сборка, выверка и регулировка оборудования.

При капитальном ремонте устраняются все дефекты оборудования, выявленные как в процессе эксплуатации, так и при проведении ремонта.

Периодичность остановок оборудования на текущие и капитальные ремонты определяется сроком службы изнашиваемых узлов и деталей, а продолжительность остановок – временем, необходимым для выполнения наиболее трудоемкой работы.

Для выполнения ППР оборудования составляются графики. Каждое предприятие обязано составлять по установленной форме годовой и месячный графики ППР.

Система ППР предполагает безаварийную модель эксплуатации и ремонта оборудования, однако в результате изношенности оборудования или аварий проводятся и внеплановые ремонты. Преимущества использования системы ППР: контроль продолжительности межремонтных периодов работы оборудования, регламентирование времени простоя оборудования в ремонте, прогнозирование затрат

на ремонт оборудования, узлов и механизмов, анализ причин поломки оборудования, расчет численности ремонтного персонала в зависимости от ремонтосложности оборудования.

Недостатки системы ППР: отсутствие удобных инструментов планирования ремонтных работ, трудоемкость расчетов трудозатрат и учета параметра-индикатора, сложность оперативной корректировки планируемых ремонтов.

#### **4.6. Управление водными ресурсами**

##### **Описание**

Организация системы водопользования является неотъемлемым этапом, необходимым для формирования экологической политики предприятия, при этом необходимо учитывать имеющиеся на предприятии процессы, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения тех или иных технологий, требования законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности. Снижение потребления воды, забираемой из внешних источников, является основной целью системы водопользования, показателями эффективности которой являются данные удельного и валового потребления воды на предприятии.

##### **Техническое описание**

Методы для управления водными ресурсами заключается в снижении потребления воды, предотвращении, сборе и разделении типов сточных вод, максимизируя внутреннюю рециркуляцию и используя адекватную очистку для каждого конечного потока. К основным используемым методам относятся:

отказ от использования питьевой воды для производственных линий;

увеличение количества и/или мощности систем оборотного водоснабжения при строительстве новых объектов или модернизации/реконструкции существующих;

централизованное распределение поступающей пресной воды;

повторное использование воды до тех пор, пока отдельные параметры не достигнут определенных пределов;

использование воды в других установках, если затрагиваются только отдельные параметры воды и возможно дальнейшее использование;

разделение очищенных и неочищенных сточных вод, по возможности использование ливневых сточных вод;

ливневые стоки с открытых участков складирования руды, угля и сырья, содержащие взвешенные твердые частицы, должны быть направлены для возможности их очистки путем отстаивания или другими методами.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности.

##### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

На фабричной площадке Стойленского ГОКа (входит в Группу НЛМК) (Россия) реализовали масштабный проект по строительству ливневой канализации. Все сточные воды, которые образуются после дождя или таяния снега, поступают в общую систему стоков и по подземным трубопроводам централизованно отводятся в хвостохранилище комбината. Здесь вода проходит очистку и возвращается в производственный процесс. Всего на фабричной площадке СГОКа смонтировали более 2,3 тыс. метров подземных трубопроводов с пропускной способностью до 700 м<sup>3</sup>/час воды. Ливневые сточные воды через приемные решетки, которые установлены на проезжей части, поступают сначала в сборные колодцы, откуда отводятся в центральные трубопроводы и затем направляются в хвостохранилище.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Сокращение потребления первичных водных ресурсов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Управление водными ресурсами будет в первую очередь ограничиваться наличием и качеством пресной воды и требованиями законодательства. На действующих заводах существующая конфигурация системы водопользования может ограничивать применимость.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности.

### **4.7. Управление отходами**

Согласно Экологическому кодексу, нормативным правовым актам, принятым в Республике Казахстан, все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и захораниваться с учетом их воздействия на окружающую среду.

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды накопление и удаление отходов производится в соответствии с международными стандартами и действующими нормативами Республики Казахстан, а также внутренними стандартами

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должны обеспечивать условия, при которых образующиеся отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье персонала предприятия при необходимости временного накопления производственных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом процессе или направления на объект для размещения).

Система управления отходами заключается в следующем:

идентификация образующихся отходов;

раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;

сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;

транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду, а также воздействие погодных условий на состояние отходов.

#### **4.8. Управление технологическими остатками**

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов являются существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов. Применяются следующие техники по управлению остатками и отходами производства:

1) выбор технологии размещения отходов обогащения в зависимости от характеристики отходов;

2) рациональное управление местами размещения отходов применяется:

при строительстве карт шламонакопителей в качестве плотного строения основания и дамбы (в т. ч. уменьшается образование кислот и загрязнение подземных вод);

при будущей рекультивации шламонакопителей в качестве покрытия откосов дамбы дробленой породой или синтетическим материалом и щебнем, покрытие почвенным слоем и посев травы (уменьшение пыления);

при эксплуатации шламонакопителей (поддержание рабочего состояния дренажных канав по периметру шламонакопителей) в качестве регулярной проверки и поддержания в порядке обводных каналов отвальных площадок.

Несмотря на достигнутые преимущества не только мировых производственных площадок, но и отечественных заводов, проблема остатков на производственных объектах и классификация некоторых из этих материалов будет также играть важную роль для будущих разрешений.

#### **4.9. Снижение уровней физического воздействия**

Шум и вибрация являются общими проблемами в секторе, и источники встречаются во всех секторах добычи и обогащения.

Шум появляется во всех производственных процессах, начиная с подготовки сырья до получения конечной продукции. Мероприятия, направленные на снижение нагрузки шумового воздействия заключаются в следующем:

регулярное техобслуживание оборудования, герметизация и ограждение вызывающих шум технических средств;

сооружение шумозащитных валов (в строительстве следует применять поверхностные слои грунта или отвалы материала, который не создает опасности для окружающей среды);

учет характера распространения шума и планирование работ с учетом этого, например, расположение блока измельчения и грохочения в подземном пространстве или частично под землей, расположение издающих шум машин недалеко друг от друга и в заглублении по отношению к уровню земли (уменьшается также площадь воздействия), закрытие дверей цеха обогащения и измельчения;

выбор направления проходки таким образом, чтобы место проведения работ оставалось по отношению к населенному пункту за очистным забоем;

оставление неотбитых стенок для защиты от шума в направлении населенного пункта;

оставление деревьев и других растений на краю рудничной территории или вокруг объектов, издающих шум;

ограничение размера заряда при взрыве, а также оптимизация объема взрывчатых веществ;

предварительное извещение о взрыве и проведение взрывных работ в определенное, по возможности в одно и то же, время дня. Взрыв вызывает сильный, но непродолжительного характера шум, поэтому предварительное извещение о нем положительно влияет на отношение к этому страдающих от шума;

планирование транспортных маршрутов и осуществление перевозки в такие сроки, когда они вызывают минимальное воздействие.

Надлежащее осуществление эксплуатационных мероприятий заключается в проведении следующих мероприятий:

тщательная проверка и техническое обслуживание оборудования;

закрытие дверей и окон в закрытых помещениях, если это возможно;

эксплуатация оборудования обученным персоналом, оснащенным средствами индивидуальной защиты;

предотвращение проведения шумных работ в ночное время, если это возможно;

обеспечение контроля шумообразования при проведении технического обслуживания.

Подход подлежит применению на действующих, модернизируемых и новых объектах.

Вибрацию, распространяющуюся при взрывных работах, можно уменьшить путем планирования и правильного выполнения взрывных работ:

выбор направления проходки;

учет особенностей скальных пород;

выбор взрывчатых веществ;

планирование продолжительности забойки шпура соответственно состоянию напряжения и вибрации скальных пород (детонаторы короткозамедленного действия);

уменьшение заряда и снижение степени загрузки или уменьшения размера взрываемого поля (порядок зажигания, небольшой мгновенный объем взрывчатого вещества);

управление бурением.

Мероприятия, направленные на предотвращение образования и распространения запахов заключаются в следующем:

надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;

тщательное проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;

сведение к минимуму использование пахучих материалов.

Существуют несколько потенциальных источников запаха в обогащении. Наиболее важными являются щелочные пары, органические масла и растворители, химические реагенты и др. Запахи могут быть предотвращены тщательной конструкцией, выбором реагентов и правильной обработкой материалов.

Основными принципами управления запахом являются:

предотвращение или минимизация использования материалов, являющихся источником запаха;

содержание и извлечение пахучих материалов и газов до их диспергирования и разбавления;

их обработку, возможно, дожиганием или фильтрованием.

Использование биологических сред, таких как торф или аналогичный материал, которые действуют в качестве субстрата для подходящих биологических видов, успешно удаляющего запахи. Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим процессом, если сильно пахучие материалы разбавляются. Для обработки очень больших объемов газа с низкой концентрацией пахучих материалов требуется крупная технологическая установка.

#### **4.10. Рекультивация нарушенных земель**

Минимизация негативного воздействия на ландшафты, почвы и биоразнообразие достигается путем применения НДТ, направленных на:

ресурсосбережение и сокращение эмиссий в окружающую среду;

уменьшение площади нарушаемых земель;

восстановление рельефа территории горных работ;

сохранение малых водотоков в районе горнодобывающей деятельности, переноса их русел за пределы участка добычи, искусственного русла водного объекта, формирование и укрепление берегов, контроль русловых и береговых деформаций, организация водоохранной зоны, создание условий для растительности;



сохранение водно-болотных угодий прилегающих территорий путем применения рациональных схем осушения горных выработок и направленных на сохранение водного баланса защитных сооружений;

сохранение почв посредством селективного снятия, складирования и дальнейшего использования ПСП;

предотвращение загрязнения почв путем профилактики аварийных проливов ГСМ, реагентов и других загрязняющих веществ, сокращение выбросов веществ в атмосферу за счет применения высокоэффективного оборудования по очистке выбросов от загрязняющих веществ и т. д.;

использование районированных для данных условий видов растительности, предупреждение внедрения видов, угрожающих экосистемам;

создание соединяющих ненарушенные участки экологических коридоров, позволяющих хранить генетическое и видовое разнообразие местных популяций и пути миграции живых организмов.

Мероприятия, направленные на рекультивацию и восстановление нарушенных ландшафтов, заключаются в следующем:

проведение текущей рекультивации нарушенных земель в процессе эксплуатации горнодобывающего предприятия с целью сокращения негативного воздействия на окружающую среду и возврата земель в оборот;

восстановление рельефа территории горных работ путем рекультивации нарушенных земель с восстановлением стабильных биогеоценозов;

создание благоприятного корнеобитаемого слоя на рекультивируемой территории с учетом агротехнических и физико-химических свойств почв и возможностей технологии рекультивации путем сохранения технологических гребней, бугров и впадин при выполнении планировочных работ рекультивации, обеспечивающих условия накопления влаги и питания растений; послойного нанесения ПСП; использования отходов для улучшения буферных, водоудерживающих и питательных свойств корнеобитаемого слоя;

проведение агротехнических и фитомелиоративных мероприятий в процессе биологической рекультивации (создание многовидового сообщества путем посева семян аборигенной флоры, внесение удобрений, способствующих ускорению процесса восстановления плодородия земель).

В отношении выбора техники и оборудования при рекультивационных работах НДТ предусматривает применение специализированных машин и механизмов, в том числе использование машин с низким давлением на грунт во избежание переуплотнения поверхности слоя; использование средств гидромеханизации для подачи на поверхность отвала рекультивационных материалов.

## **5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник**

В данном разделе справочника по НДТ приводится описание существующих техник для конкретной области применения, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

При описании техник учитывается оценка преимуществ внедрения НДТ для окружающей среды, приводятся данные об ограничениях в применении НДТ, экономические показатели, характеризующие НДТ, а также иные сведения, имеющие значение для практического применения НДТ.

Основной задачей описываемых в данном разделе методов является достижение минимальных показателей выбросов, сбросов, образования отходов с применением одной или нескольких техник в целях комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды.

## **5.1. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе**

### **5.1.1. Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием**

#### **Описание**

Областью применения системы является диспетчеризация горнотранспортного оборудования: автосамосвалов, экскаваторов, бульдозеров, топливозаправщиков и другой техники, занятой на выемочно-погрузочных работах и в процессах транспортирования горной массы.

Целью внедрения системы является повышение производительности горнотранспортного комплекса за счет оперативного контроля и оптимизации производственных процессов.

#### **Техническое описание**

На долю открытого способа приходится примерно 60 % добычи полезных ископаемых. Такой удельный вес открытого способа добычи будет сохраняться и в будущем. Между тем с увеличением глубины карьеров и усложнением горно-геологических условий добычи затраты на эксплуатацию карьерного транспорта могут превышать 50 % от себестоимости добычи. Поэтому повышение эффективности карьерного автотранспорта имеет существенное значение для горнодобывающих предприятий.

Базовая система управления погрузочно-доставочным комплексом (экскаваторы, конвейерный, автомобильный, железнодорожный транспорт) обеспечивает:

автоматический сбор информации и управление оборудованием в режиме реального времени с использованием высокоточной GPS системы позиционирования на каждой единице техники;

автоматическая диспетчеризация;

управление качеством руды;

контроль эксплуатации (загрузки автосамосвалов, скорости движения, соблюдения маршрутов, работы двигателей, расхода топлива, эксплуатации шин);

мониторинг технического состояния и обслуживания оборудования;  
автоматизированное составление необходимых отчетных форм.

Управление качеством полезного ископаемого возможно за счет точного отслеживания каждой погрузки в деталях для контроля качества доставленного полезного ископаемого, выполнение различных требований к качеству полезного ископаемого отдельных приемных бункеров или накопительных складов, межзабойное усреднение – диспетчеризация порожних автосамосвалов по забоям с целью повышения производительности при выполнении требований к качеству полезного ископаемого, управление рудопотоками с усреднительных складов.

Мониторинг технического обслуживания оборудования возможен за счет регистрации событий и аварий, слежения за критическими узлами оборудования, мониторинга эксплуатации шин (вес загрузки, время движения, вычисление тоннокилометров, определение критических значений и сигнализации), мониторинга расхода топлива, ежесменной и накопительной отчетности (в том числе по простоям и их причинам).

Кроме того, программно-техническое оборудование позволят включать в диспетчерскую систему карьера различное технологическое и инженерное оборудование: карьерный водоотлив, электротехническое оборудование и т.п.

В 2006 году на карьерах Сибирской угольной энергетической компании (СУЭК) провели анализ эффективности использования карьерных автосамосвалов, работающих на предприятии. Оценивались различные показатели работы этой техники и в результате был выявлен ряд проблемных моментов. Оказалось, что на различных предприятиях расход топлива по одним и тем же моделям самосвалов может различаться на 70 % при сопоставимых горно-геологических условиях. Также было установлено, что грузоподъемность самосвалов по породе на некоторых предприятиях используется только на две трети, причем самой распространенной проблемой является невозможность оценки недогруза или перегруза. И в целом исследование показало, что коэффициент использования карьерных самосвалов в среднем по компании составляет всего 50 %.

Например, на Стойленском ГОКе благодаря внедрению системы удалось добиться снижения потребления удельного расхода топлива на 5 %, увеличить производительность работы самосвалов на 6 % в течение первых четырех месяцев после внедрения системы и повысить их среднюю эксплуатационную скорость на 7,8 %, выровнять показатели качества сырья, поданного на переработку, создать безоperatorную АЗС, минимизирующую очереди. Также примером служит результат автоматизации на Бакырчикском горнодобывающем предприятии, где ведется инженерный анализ данных автоматической диспетчеризации для упрощения технологического процесса.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности добычи и транспортировки добываемой руды и снижения расходов моторного топлива и электроэнергии в процессе добычи и транспортировки.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение АСУ горнотранспортным оборудованием позволяют оптимизировать движение самосвалов, как при первоначальном распределении машин в начале смены, так и для автоматического их перераспределения в течение смены в зависимости от текущей ситуации в карьере.

Система позволяет также осуществлять удаленную диагностику основных узлов и агрегатов автосамосвалов, экскаваторов и других мобильных объектов, например, диагностику двигателя автосамосвала, контроль давления в шинах, контроль состояния электрооборудования экскаватора, управление тяговым электроприводом и др.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. По открытым данным применения АСУ горнотранспортного оборудования на предприятиях АО "СУЭК" расчетный срок окупаемости данной системы составляет 11 месяцев.

#### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

### **5.1.2. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) (печи, котлы и т. д.)**

#### **Описание**

Автоматизация технологического оборудования горнодобывающих предприятий обусловлено спецификой эксплуатации основного оборудования и характеризуются следующими отличительными признаками:

- активное использование ручного труда;
- большая энергоемкость производственных мощностей;
- наличие участков с вредными и опасными условиями труда;

высокая степень рассредоточения по территории отдельных элементов, объединенных единым технологическим процессом.

В настоящее время основным направлением интенсификации деятельности горнодобывающих предприятий, которое позволит обеспечить высокую производительность труда в комфортных условиях и максимальную эффективность работы оборудования, являются электрификация и автоматизация горного производства.

### **Техническое описание**

АСУТП предназначена для управления технологическим процессом термообработки и управления механизмами и электроприводами, входящими непосредственно в состав комплекса оборудования печей.

Целями разработки АСУТП являются:

- создание условий для устойчивой работы печей и гарантированного удержания показателей их работы;

- обеспечение стабильных значений параметров технологического процесса в области регламентных режимов и минимизация технологических нарушений с целью повышения качества продукции;

- обеспечение высокого уровня безаварийного функционирования печей и увеличение срока их эксплуатации;

- снижение расхода топлива за счет применения современных, высокоточных средств автоматизации;

- обеспечение проведения исторического анализа технологического процесса;

- обеспечение возможности передачи необходимых данных в вычислительную сеть предприятия.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов котельно-печного топлива в производственных процессах.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Общесистемные решения, применяемые в проектах АСУТП соответствуют базовым принципам современной концепции построения автоматизированных информационно-управляющих систем, включающих следующие основные положения:

- структура системы иерархическая, с четким, надежным, межуровневым взаимодействием, основанная на стандартизованных промышленных протоколах обмена данными;

- гибкий централизованный, иерархический контроль и управление объектом автоматизации;

- открытая архитектура информационного взаимодействия различных компонентов системы;

минимальное время восстановления работоспособности системы;

самодиагностика;

удобное, простое обслуживание и интуитивно понятные интерактивные интерфейсы, в совокупности с высокой степенью готовности программно-технических средств;

АСУТП и все виды обеспечения приспособлены к модернизации и наращиванию.

Данная технология активно внедряется различными промышленными предприятиями, к примеру, на АО "ССГПО" были проведены работы по модернизации АСУТП обжиговой машины.

К примеру, Ковдорский ГОК использует SCADA системы TRACE MODE с 2001 года. Помимо АСУТП сушильного отделения, на комбинате успешно работает несколько систем на базе SCADA. Модернизация сушильной установки на участке сушки железорудного концентрата направлена на повышение производительности установки и сокращение издержек по данному переделу.

Внедренные АСУТП на ПАО "Северный горно-обогатительный комбинат" (ПАО "СевГОК") показали высокую эффективность. Производительность секций выросла на 4 %, обеспечено стабильное управление качеством продукции в условиях изменчивости физико-механических свойств исходного сырья.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Сокращение выбросов парниковых газов. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

### **5. 1. 3. Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения**

#### **Описание**

Стабильность процесса обогащения руд цветных металлов может быть достигнута автоматизацией процессов дробления, измельчения, флотации, обезвоживания концентратов.

#### **Техническое описание**

Для обеспечения стабильности процесса обогащения и получения максимального эффекта система автоматизации контроля и управления процессами обогащения каждого технологического модуля отдельно должна быть объединена в единую систему автоматического управления с визуализацией действия системы в реальном времени на разных уровнях управления: дробильщик, машинист мельниц, флотатор, аппаратчик сгущения, фильтрации, сушки - диспетчер - технический руководитель, что является диспетчеризацией обогатительной фабрики.

Автоматизация обогатительных фабрик включает комплекс организационных и технических мероприятий, обеспечивающих освобождение человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами с передачей этих функций автоматическим устройствам, в состав которых входят системы автоматического контроля, регулирования, управления, сигнализации и защиты агрегатов и технологических установок. Автоматизация на обогатительных фабриках, как и на других производствах, развивается от создания локальных АСР отдельных операций обогатительной технологии до создания АСУТП и обогатительной фабрикой в целом [43].

Технологический процесс, как и режимы работы машин, характеризуются совокупностью физических или химических параметров, влияющих на эффективность процесса. В течение технологического процесса эти параметры не должны выходить за пределы заданных значений, которые определяются режимной картой процесса. Задачей автоматизации в данном случае является сведение к минимуму отклонения основных параметров процесса, влияющих на его ход, от требуемых значений. В автоматизации различают АСУТП и АСР некоторого фактора (параметра).

При комплексной автоматизации управления отдельными, локальными технологическими процессами можно обеспечить передачу в режиме реального времени информации о показателях процессов, балансовых данных (вес, содержание металла), действий персонала по управлению процессом, иметь интегральный учет количества израсходованных материалов, реагентов и флокулянтов.

Комплексные системы позволяют:

- производить автоматический и непрерывный контроль и управление работой механизмов, оборудованием технологических модулей, обеспечивая необходимое качество концентратов;

- осуществлять сбор и передачу данных технологических параметров работы системы в программу SCADA диспетчеризации фабрики.

Комплексное применение разработанных АСУ позволяет:

- централизовать управление технологическими процессами в целом по фабрике;

- уменьшить риски нарушений технологических процессов;

- обеспечить оперативную выдачу необходимой информации о показателях процесса руководителям разного уровня;

вести учет и отчет показателей;  
стабилизировать количество перерабатываемой руды и качество концентратов;  
сократить потери металла в отходах;  
сократить пылеобразование;  
стабилизировать расход реагентов и материалов;  
сократить электро- и водопотребление;  
обеспечить экологическую безопасность.

### **Автоматический контроль процесса измельчения и классификации**

Процесс измельчения контролируется и управляется следующими параметрами – количество в мельнице руды, воды и измельчающей среды (стержни, шары), размер куска в питании, плотность и ситовой анализ на выходе мельницы.

Основой для получения высоких технологических показателей в процессах обогащения цветных металлов, в частности, на флотации, является эффективность предварительной классификации на гидроциклонах. При большом количестве факторов, определяющих эффективность классификации и диаметр граничного зерна разделения, основным является давление и содержание твердого в питании гидроциклона.

Современные гидроциклонные установки обеспечивают контроль и поддержание давления питания в соответствии с технической характеристикой гидроциклона. Содержание твердого в питании непостоянно, определяется режимом измельчения. По этой причине задачей системы автоматизации установки является контроль и поддержание заданной плотности питания гидроциклона, и содержание в сливе гидроциклона готового класса крупности (минус 0,074 мм), который является питанием флотации.

### **Автоматизация процесса флотации цветных металлов**

В камерах флотомашин должны быть установлены датчики уровня заполнения пульпой, степенью аэрации, Рн-метры. При многообразии факторов, которые определяют показатели процесса флотации, с учетом наличия устойчиво и достоверно работающих датчиков, наиболее целесообразен автоматический контроль содержания твердого и объемного расхода исходной пульпы, что позволяет осуществить дозирование реагента-собирателя по количеству твердого, поступающего на флотацию, реагента-вспенивателя по количеству твердого или объемному расходу исходной пульпы. Управление дозированием реагентов в автоматическом и дистанционном режимах с эмульгированием и дробной подачей эмульсии реагента по машинам и камерам позволяет наиболее эффективно вести процесс флотации.

### **Автоматизация процесса обезвоживания**

Водно-шламовая схема современной обогатительной фабрики представляет сложный комплекс в технологической схеме обогащения, назначение которого заключается в обеспечении заданного соотношения руда-вода или концентрат-вода по



всем технологическим операциям и в возврате технологической воды в процесс после обезвоживания.

С учетом важности управления процессами сгущения и фильтрования концентратов целесообразным является автоматический контроль расхода и содержания твердого в пульпе, поступающей в сгуститель и в сгущенном продукте, контроль содержания твердого в сливе сгустителя и фильтрате, автоматическое поддержание заданного удельного расхода раствора флокулянта для процесса обезвоживания.

В учет расхода воды по водно-шламовой схеме необходимо включать не только схему обогащения, но и схему складирования хвостов со всеми гидротехническими сооружениями. Датчики по расходу пульпы, воды, содержанию твердого позволят учесть потери воды при испарении, просачивании в дамбе и основании хвостохранилища.

### **Автоматизированный расчет баланса металла**

Основными задачами автоматизированного расчета баланса металла являются:

обеспечить прозрачность учета движения металла и понимания потерь на обогатительной фабрике;

снизить влияние человеческого фактора на учет исходных показателей при расчете материального баланса и баланса металла;

наладить системную работу по контролю поверки весов, качества хим. анализа, определения объемных весов продуктов обогащения и др.;

выявлять узкие места и источники наибольших потерь в технологической цепочке;

повысить товарное извлечение за счет сокращения количества потерь металла и механических потерь руды;

повысить эффективность управленческих процессов и организации производства в части управления запасами, расходом реагентов и пр.

Важным этапом внедрения АСУТП является оптимизация процесса отбора проб в схеме обогащения, путем гарантии качества точности измерений по определению в продуктах обогащения содержания элементов/минералов, гранулометрического состава, количества загрязняющих веществ в промышленных отходах, уровня загрязнения почв на отведенных промышленных земельных участках.

### **Достигнутые экологические выгоды**

На основании программного обеспечения вышеперечисленных автоматизированных систем помимо основных задач ведения технологических процессов определяется количественная и качественная оценка и снижения уровня негативного воздействия загрязняющих выбросов в окружающую среду.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение АСУ оборудованием позволяют оптимизировать и стабилизировать процесс дробления и измельчения, а также повысить эффективность последующих процессов обогащения.

К примеру, основной целью создания АСУ ОФ АО "Altyntau Kokshetau" являются повышение эффективности функционирования за счет оптимизации управления технологическими процессами на основе качественных измерений, физико-химических и математических моделей технологических процессов; применения современных средств и систем автоматизации; интеграции систем и контуров управления отдельными установками и технологическими процессами.

В рамках создаваемой АСУ решены следующие задачи:

разработаны контуры управления и регулирования параметров технологических процессов обогащения полиметаллических золотосодержащих руд, точек аналитического контроля и измерения физических характеристик исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов технологических переделов;

выполнена интеграция созданных на различных программных и технических платформах систем локального управления и регулирования, получаемых от различных поставщиков оборудования, в единую систему управления, основанную на многоуровневой распределенной вычислительной сети;

выполнено эффективное автоматическое управление, обеспечивающее стабилизацию технологических процессов обогащения.

### **Кросс–медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **5.2. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения**

### **5.2.1. Применение частотно-регулируемого привода на различном оборудовании ( конвейерное, вентиляционное, насосное и т. д.)**

#### **Описание**

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на собственные нужды , прямые и косвенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время применение ЧРП является оптимальным для целей регулирования производительности

конвейерного, вентиляционного и насосного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее рациональное использование электрической энергии при ведении технологического процесса.

### **Техническое описание**

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

На промышленных предприятиях большая доля потребления электрической энергии приходится на электрические двигатели, как привод различного технологического оборудования (конвейера, вентиляционное и насосное оборудование и т. д.). Достаточно часто такое оборудование требует регулирования, в качестве регулирующих аппаратов применяются шибера, задвижки и т. д. Внедрение частотных регуляторов (ЧРП) для приводов технологических механизмов. При этом требования к диапазону и точности регулирования скорости могут изменяться в широчайших пределах в зависимости от области применения электропривода. Применение регулируемого частотного электропривода позволяет решать поставленные задачи с большей эффективностью потребления электрической энергии, как следствие помогает сберегать электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных методах регулирования в технологических процессах.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение ЧРП позволяет снизить расход электроэнергии на насосных агрегатах, вентиляторах, конвейерах, дробилках от 20 до 40 %, обеспечить плавный пуск (снижение пусковых токов), повысить надежность и срок службы электродвигателей. Как показал анализ загрузки электродвигателей ряда оборудования АО "Altyntau Kokshetau", на которых установлены ЧРП, выполненный в 2018 году в период проведения энергоаудита, снижение нагрузки в отдельные месяцы достигает 15–40 %. Таким образом, при обоснованном использовании ЧРП снижение потребления электроэнергии отдельным технологическим оборудованием может составить 20–40 % в год.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее

эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии в зависимости от режима работы двигателя, в пределах 15–40 %. Дополнительно вопрос установки ЧРП должен индивидуально рассматриваться в каждом отдельном случае исходя из глубины регулирования технологического процесса, требований промышленной санитарии на рабочих местах (для вентиляторов приточно-вытяжной вентиляции).

Применение ЧРП представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться в контексте всей системы, в которой используются двигатели; в противном случае существуют риски: потери потенциальных выгод от оптимизации способа эксплуатации и размера систем и, как следствие, от оптимизации потребностей в электроприводах; потерь энергии в результате применения приводов переменной скорости в неподходящем контексте.

Наиболее эффективно использовать электродвигатели, оборудованные частотными преобразователями, интегрированные в системы АСУТП. Это, например, позволит обеспечивать включение и регулировку скорости вытяжки в зависимости от фактических выбросов. Так же это касается и регулирования производительности воздуходувок и насосных агрегатов. В среднем, применение таких способов регулирования может снижать потребление электроэнергии от 20 до 40 %.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Так например, применение двигателей с ЧРП целесообразно при резко переменной нагрузке в зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха вытяжными системами на 6–26 %, приточными системами на 3–12 %, воздуходувками на 30–40 %, при этом срок окупаемости двигателей с ЧРП может составлять от 1 года до 5–7 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются: улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **5.2.2. Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности**

### **Описание**

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на собственные и производственные нужды, косвенные выбросы парниковых газов. В настоящее время применение современных электродвигателей с высоким классом энергоэффективности

является оптимальным при модернизации существующего технологического и вспомогательного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее эффективное потребление электрической энергии.

### **Техническое описание**

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

Основным потребителем большинства промышленных предприятий являются различные электродвигатели. Электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую. В процессе преобразования энергии часть ее теряется в виде тепла. Величина такой потери определяется энергетическими показателями двигателя. Применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет существенно снизить потребление электрической энергии.

Основным показателем энергоэффективности электродвигателя является КПД.

$$\eta = P_2/P_1 = 1 - DP/P_1,$$

где  $P_2$  – полезная мощность на валу электродвигателя;

$P_1$  – активная мощность, потребляемая электродвигателем из сети;

$DP$  – суммарные потери в электродвигателе.

Соответственно, чем выше КПД, тем меньше потери и меньше энергии потребляет электродвигатель для выполнения той же работы.

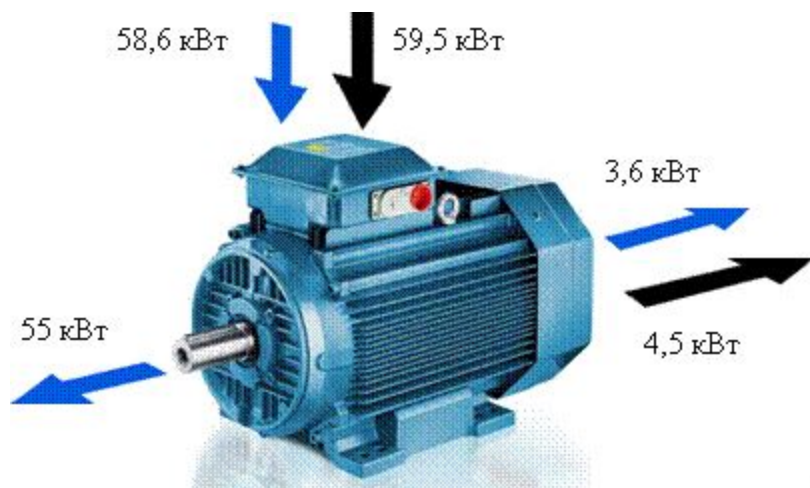


Рисунок 5.1. Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет снизить

потребление электроэнергии электродвигателями от 1,5 до 5,0 %, повысить срок службы электродвигателей.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Сокращение выбросов парниковых газов. Повышение срока службы электродвигателя

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем и характер внедрения будут связаны с программой модернизации предприятия и заменой выходящих из строя установленных на предприятии электродвигателей.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии, в зависимости от режима работы двигателя, в пределах 1,5–5,0 %.

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными двигателями представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности.

### **Экономика**

Применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет снизить расход электроэнергии на преобразование электрической энергии в механическую 1,5–5,0 %, при этом срок окупаемости таких электродвигателей может составлять от 1 года до 7 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : повышение энергоэффективности, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **5.2.3. Применение энергосберегающих осветительных приборов**

### **Описание**

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на хозяйственные нужды, прямые и косвенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время применение энергосберегающих осветительных приборов (светодиодных источников света) является оптимальным для целей наружного и внутреннего освещения.

### **Техническое описание**

На промышленных предприятиях в хозяйственном потреблении электрической энергии, значительную часть потребления составляет системы наружного и внутреннего освещения. При этом данное потребление электрической энергии напрямую не влияет на энергетическую эффективность производственного цикла. Однако данное потребление учитывается при определении удельного потребления на единицу продукции.

Применение энергосберегающих осветительных приборов (светодиодные) позволяет эффективно потреблять электрическую энергию в системах освещения, как

следствие помогает сберегать электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных источниках света.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет снижения расходов электроэнергии на нужды освещения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам и с учетом имеющегося опыта применения энергоэффективных осветительных приборов (светодиодных) снижение потребления электрической энергии снижается на 50–90 %, обеспечивается лучшая освещенность, увеличивается срок службы таких осветительных приборов, не оказывают негативного влияния на экологию, по сравнению с ранее применимыми дуговыми ртутными лампами.

Данная техника применяется повсеместно, так в рамках энергосервисного контракта была произведена замена систем освещения промышленных цехов на эффективное светодиодное на АО "ТНК "Казхром", АО "ССГПО".

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергопотребления. Первоначально замена существующих осветительных приборов на энергоэффективные может способствовать образованию большого количества отходов, требующих специальной утилизации (замена ртутных ламп на светодиодные).

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с особенностями предприятия, особых сложностей по внедрению данной техники не выявлено. Внедрение энергосберегающих осветительных приборов стоит рассматривать с учетом модернизации системы освещения в целом (зональность, автоматическое управление и т. д.).

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии, в пределах 50–90 %.

### **Экономика**

Применение эффективных осветительных приборов позволяет снизить расход электроэнергии на освещение на 50–90 %, при этом срок окупаемости данной техники может составлять от 0,5 года до 5–7 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей (не требуется утилизация); повышение энергоэффективности; дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат.

#### **5.2.4. Применение устройств компенсации реактивной мощности, а также фильтро-компенсирующих устройств, для фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности в электрических сетях предприятий**

##### **Описание**

Оборудование, позволяющее снизить потери электроэнергии в сетях предприятия и исключить негативное влияние высших гармоник на электропотребляющее оборудование. В настоящее время применение фильтро-компенсирующих установок или УКРМ является оптимальным для поддержания требуемых уровней напряжения в узлах электрической сети, снижения потерь с электрических сетей и исключения негативного воздействия высших гармоник на электропотребляющие устройства.

##### **Техническое описание**

Возможность решения вопросов надежности электроснабжения, как следствие уменьшение использования резервных источников электроснабжения и снижения воздействия на экологию.

На промышленных предприятиях большую долю потребления электрической энергии приходится на асинхронные электродвигатели, как привод различного технологического оборудования. Асинхронные электродвигатели являются основным потребителем реактивной мощности. Без принятия мер по компенсации коэффициент мощности в сетях может составлять 0,5 – 0,7 о.е., законодательно установленные значения коэффициента мощности в электрических сетях предприятий установлен на уровне 0,89–0,93, в зависимости от класса напряжения.

При применении на предприятиях большого количества цифровой техники (ЧРП, плавный пуск и т. д.) может способствовать появлению в электрических сетях высших гармоник, которые оказывают негативное влияние как на электропотребляющее оборудование, так и на сами электрические сети. Для исключения появления в электрических сетях высших гармоник применяются как отдельно фильтры гармоник, так и объединенные устройства по фильтрации гармоник и по компенсации реактивной мощности.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях и оборудовании.

##### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы технологического оборудования применение УКРМ позволяет снизить потери электрической энергии в сетях предприятия до 15 %, повысить надежность электроснабжения предприятия в целом и продлить срок службы электrorаспределительного оборудования.



Данная технология применима на большинстве промышленных предприятий различных отраслей. Подобный проект был реализован на различных промышленных площадках АО "Алюминий Казахстана".

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение потерь электрической энергии в сетях. Повышение надежности систем электроснабжения, повышение срока эксплуатации электропотребляющего оборудования.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии (за счет снижения уровня потерь) в зависимости от существующих уровней коэффициента мощности в электрических сетях предприятия от 0,1 до 1,5 % от общего объема потребления электрической энергии предприятиями.

Применение УКРМ представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности (снижения потерь в электрических сетях). Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться с учетом всей системы электроснабжения.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае срок окупаемости применения УКРМ может составлять от 3 года до 10 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение качества электроэнергии у электропотребителей, уменьшение уровня потерь в распределительных электрических сетях предприятий, повышение энергоэффективности.

## **5.2.5. Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании**

### **Описание**

На обогатительных предприятиях горно-металлургической отрасли часто используется тепловая энергия в виде пара, который транспортируется по паропроводам. Использование соответствующей изоляции для высокотемпературного оборудования (трубы для пара и горячей воды) позволяет существенно снизить тепловые потери.

### **Техническое описание**

Теплоизоляция теплопроводов и паропроводов – актуальная задача для любого промышленного предприятия. Теплоизоляция трубопроводов с перегретым паром ( паропроводов) относится к числу достаточно сложных операций, особенно при необходимости обеспечить необходимые эксплуатационные характеристики для

поверхностей с высокими температурами – 200–250 °С. Монтаж изоляции нередко приходится вести без остановки действующего оборудования. Традиционные теплоизоляционные материалы, используемые для этой цели, имеют ряд существенных недостатков, которые значительно снижают эффективность их применения.

Минеральная вата и шамотный кирпич "боятся" влаги и пара, при попадании которых ухудшают свои теплоизоляционные показатели в несколько раз. Под воздействием высоких температур в минеральной вате происходит процесс разрушения связующих (смолы на основе фенола и формальдегида). Это отражается на эксплуатационных характеристиках покрытия, не говоря уже об экологической составляющей. Традиционные утеплители нуждаются в защитном покрытии, при монтаже которого неизбежно возникает проблема качественной изоляции сложных поверхностей: стыков, запорной арматуры, что не только увеличивает стоимость производства работ, но и отражается на их качестве. Как правило, паропроводы, изолированные минеральной ватой, служат недолго и часто приходится частично или полностью заменять теплоизоляционное покрытие.

Шамотный кирпич является не эффективным теплоизоляционным материалом. Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича ( $=0,84+0,0006 \times t$  Вт/(м°С), = 0,99 Вт/(м°С) при температуре 250 °С) в 10 раз выше, чем у минеральной ваты ( $=0,05 + 0,0002 \times t$  Вт/(м°С), = 0,1 Вт/(м°С) при температуре 250 °С). При этом следует сказать, что для паропроводов следует применять минераловатные маты, полуцилиндры с плотностью не менее 150 кг/м<sup>3</sup>, так как они имеют более высокий межремонтный период. Нарушение изоляционного слоя паровых сетей, а также и кровельного слоя изоляции приводит к увеличению тепловых потерь.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь тепла в процессе производства.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Замена неэффективной теплоизоляции, например, шамотного кирпича на минеральную вату или более энергоэффективную изоляцию позволит снизить тепловые потери паропроводов на 35 % и довести их до нормативных значений. Продукция зарубежных производителей для изоляции трубопроводов и оборудования представлена широкой номенклатурой волокнистых теплоизоляционных материалов фирм: "Rockwool" (Дания), "Сан-Гобэн Изовер" (Финляндия), "Partek", "Paroc" (Финляндия), "Izomat" (Словакия) (цилиндры, маты и плиты без покрытия или покрытые с одной стороны металлической сеткой, стеклорогожей, алюминиевой фольгой и т. д.). Применение современных изоляционных материалов позволит снизить потери в паропроводах минимум на 30–50 %, эксплуатационные расходы за счет увеличения межремонтного периода.

## **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

## **Экономика**

Снижение тепловых потерь позволит производить дополнительное тепло без сжигания топлива, поэтому процесс является экономически и экологически целесообразным. Мероприятия по замене изоляции из шамотного кирпича на современную окупаются за 3–4 года, ремонт изоляции для участков трубопроводов без изоляции или с нарушенной изоляцией окупаются за 1-2 года.

## **Движущая сила для осуществления**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

## **5.2.6. Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса**

### **Описание**

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигается за счет применения методов рекуперации тепла отходящих газов.

### **Техническое описание**

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигается за счет применения методов рекуперации тепла отходящих газов. Горячий отходящий газ технологического процесса может также направляться в котел-утилизатор или установку испарительного охлаждения, где газ охлаждают с выработкой пара. Генерируемый пар может использоваться в технологическом процессе или при производстве тепловой или электрической энергии.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Переработка теплоты, выделяющейся при обогащении, и превращение ее в электричество, пар низкого давления для технологического и производственного отопления.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Снижение потребление топлива, для производства тепловой энергии.

Применение котлов-утилизаторов находит свое применение на различных промышленных предприятиях, так с целью увеличения КПД газотурбинной установки подобная технология установлена на АО "НК "Казхром".

#### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидаются.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применяется на предприятиях с топливо сжигающими установками (печи, котлы, обжиговые машины).

#### **Экономика**

Так как требуется охлаждение газа, дополнительные затраты на восстановление энергии в основном связаны с инвестициями в котел-утилизатор и турбину для выработки электроэнергии.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

#### **Движущая сила внедрения**

Повышение производительности, сокращение производственных затрат.

### **5.3. НДТ, направленные на обеспечение стабильности производственного процесса**

#### **5.3.1. Обеспечение стабильности процесса добычи руд**

##### **Описание**

В современном горно-металлургическом комплексе все чаще возникает потребность в применении новых технологий и материалов, которые позволяют развивать добычу и переработку продукции с учетом требований к экологичности и экономичности производства.

Современные технологии открытых и подземных горных работ должны основываться на принципах ресурсосбережения, природосбережения и малоотходности. Эти принципы взаимосвязаны, тесно переплетены и должны определять направленность технологии. Проблемы создания современных технологий на этих принципах носят комплексный характер и должны решаться совокупно как на уровне ведения горных работ, так и переработки полезных ископаемых.

В данном разделе описаны общие методы, техники или их совокупность для обеспечения стабильности производственного процесса на горнодобывающих предприятиях..

##### **Техническое описание**

Современное состояние горнодобывающей отрасли характеризуется тенденцией к быстрому увеличению глубины горных работ, что приводит к увеличению себестоимости добычи полезных ископаемых и отрицательно влияет на окружающую среду и безопасность горных работ.

К техникам, обеспечивающим стабильность производственного процесса на горнодобывающих предприятиях, относятся: производственный процесс добычи руд цветных металлов (включая драгоценные) открытым и подземным способом относятся: применение большегрузной высокопроизводительной горной техники; проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования; применение современных, экологичных и износостойких материалов; применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы (также указано в разделе 5.4.1.3).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Переход на высокопроизводительное оборудование большой единичной мощности положительно сказывается на экологической обстановке: снижается количество выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух, уменьшается образование отходов от использования крупногабаритных шин.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Техника производственного процесса добычи цветных руд открытым и подземным способом, в том числе при работе на глубоких горизонтах состоит в эффективном технологическом процессе добычи цветных руд открытым и подземным способом путем снятия ПСП, выбора способа и схемы вскрытия рудных тел, определения и применения оптимальной системы разработки и технологии вскрышных и добычных работ, транспортного обеспечения карьеров и шахт для эффективного направления потоков на обогатительные переделы (см. 3.1 и 3.2).

Для современной техники, используемой на подземных и открытых горных работах, характерно применение высоких скоростей, наличие больших нагрузок, давлений и др. Постоянное изменение горно-геологических и горно-технических условий разработки полезных ископаемых, усложнение технических средств из-за многообразия и ответственности, возлагаемых на них функций, высокие нагрузки на забои, многосвязность и последовательность цепи работающего оборудования, когда выход из строя любого из элементов приводит к остановке всего комплекса, необходимость обеспечения для горнорабочих благоприятных эргономических условий труда предъявляют серьезные требования к качеству горной техники и оборудования.

Однако в настоящее время по оценкам специалистов, оборудование и технологии, применяемые горнодобывающими компаниями СНГ, по своему технологическому уровню и производительности на 15–20 лет отстают от аналогов, используемых компаниями Канады, Великобритании, ЮАР и США. Такое отставание обусловлено как малоэффективными технологиями отработки и инженерной подготовки массива к отработке, так и техническими характеристиками применяемого оборудования [44].

Представленная техника состоит в применении большегрузной карьерной техники для добычи и транспортировки горной массы в рудных карьерах. Происходит

увеличение размеров ковшей экскаваторов, погрузчиков, пропорциональное увеличение грузоподъемности большегрузных автосамосвалов с сохранением оптимального соотношения количества ковшей для погрузки одного самосвала. Переход на большегрузную технику позволит уменьшить на 10 % удельные эксплуатационные затраты на экскавацию и транспортировку горной массы в карьерах по добыче руд цветных металлов, а также добиться уменьшения количества единиц технологического оборудования в карьере, снижения эмиссий в окружающую среду, снижения энергопотребления и потребления топлива в процессах экскавации и транспортировки горной массы в карьерах.

Мировой рынок большегрузной техники представлен крупными производителями, к примеру: Komatsu, Caterpillar, Hitachi, Terex, Liebherr и БелАЗ.

В целях снижения себестоимости транспортировки горной массы и транспортно-добывающего цикла в целом в условиях ТОО "Богатырь Комир" проводилось технико-экономическое сравнение применения карьерного самосвала БелАЗ 75600 грузоподъемностью 320 тонн с эксплуатируемым БелАЗом грузоподъемностью 220 тонн. Результаты испытаний показали следующее: производительность повысилась в 1,5 раза; себестоимость транспортировки снизилась на 20 %; удельный расход топлива уменьшился на 22 %. Погрузку карьерного самосвала осуществлял экскаватор Р&Н2800 с емкостью ковша 33 м<sup>3</sup>. Количество ковшей для полной загрузки - 6. Плечо транспортирования – 0,5 км. Объем выработки горной массы - до 10 тыс. м<sup>3</sup> в сутки [45].

Проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования состоит в переходе на современную высокопроизводительную горную технику для бурения, крепления, добычных операций и транспортировки горной массы в подземных условиях отработки рудных месторождений. Обеспечивает значительное снижение доли постоянных затрат, безопасность, эргономику, комфортные условия работы для операторов и обслуживающего персонала, экономию энергоресурсов и материалов.

Основные преимущества современного самоходного оборудования – улучшение безопасности и производительности, минимизация потерь и разубоживания руды, эргономика и комфортные условия. Эксплуатация установок очистного бурения с высоким уровнем автоматизации технологического процесса и позиционированием позволяет достичь беспрецедентно высокой производительности, точности и прямолинейности скважин. Передовые механизированные комплексы для установки анкеров, нанесения бетонных смесей обеспечивают оперативное крепление значительных площадей обнажений горных выработок, в большинстве случаев позволяют вытеснить тяжелые виды крепей и использование крепежного леса, деревянных затяжки и забутовки [46]. Машины для бурения восстающих вертикальных

и наклонных скважин круглого сечения диаметром до 3000 мм длиной до 100 м в длину и под углом до 70 ° способны бурить по очень крепким породам и идеально подходят для сооружения рудоспусков, вентиляционных скважин, ходков и т. п. (без применения взрывных работ). ПДМ способны преодолевать большие уклоны и быстро перемещаться на существенные расстояния, обеспечивать высокую производительность с низкой удельной себестоимостью погрузки и транспортирования. ПДМ и буровые установки с электрическим приводом используют экологически чистую электрическую энергию и обеспечивают лучшие условия труда за счет отсутствия выхлопных газов, меньшего уровня вибраций и шума. Кроме того, снижаются требования к вентиляции выработок, происходит сокращение расходных материалов, таких как моторное масло и фильтры, увеличиваются интервалы между техническим обслуживанием [22].

Одним из первых пользователей электрических ПДМ Sandvik стал рудник Кируна фирмы LKAB в северной Швеции, где добывают железную руду. Рудник решил перейти на электроприводные машины в конце 80-х в связи с высокой производительностью, низкими общими издержками и минимальным воздействием на окружающую среду по сравнению с традиционными дизельными машинами. В 1985 году фирма LKAB впервые испытала на руднике Кируна электрическую ПДМ, – опытный образец Sandvik для модели Toro 500. С момента принятия решения о переходе на электрические машины LKAB Кируна последовательно заменяет парк своих дизельных погрузчиков. Сегодня на руднике работает 17 электрических и 3 дизельных ПДМ. Электрические ПДМ используются для погрузки добытой руды, перемещая в ковше в среднем 25 тонн.

Два австралийских рудника ожидают поступление новых электрических погрузчиков Sandvik. В июле на медном руднике Нортпаркес в Новом Южном Уэльсе, было закончено 2000-часовое испытание новой модели погрузчика LH514E. Золотой рудник Риджуэй, также в Новом Южном Уэльсе, вводит этой осенью в эксплуатацию парк из пяти новых автоматизированных ПДМ LH514E. В планах новые проекты и на других рудниках.

Использование износостойких, коррозионностойких, жаростойких, теплоизоляционных и других видов покрытий позволяет резко сократить потери металлов, расход ресурсов на их возмещение и даст возможность повысить качество, надежность и долговечность машин, оборудования и сооружений. Техника состоит в применении износостойких элементов и накладок на рабочие органы горного оборудования и обеспечивает дополнительную конструкционную прочность и износостойкость, а также повышает коэффициент технической готовности машин и оборудования. Применение буровых коронок и штанг из современных высокопрочных сплавов позволяет достичь высокой производительности и точности бурения, снижения себестоимости на 3–10 %.

## **Кросс-медиа эффекты**

Экономия материалов. Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью. Представленные методы могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

## **Экономика**

Использование большегрузной техники повышает эффективность ведения горных работ и оптимизирует затраты (за счет экономии топлива и затрат на техобслуживание), позволит снизить себестоимость продукции и стать более конкурентоспособными на рынке, повышает безопасность на технологических дорогах. Для примера эксперты компании ООО "Комек Машинери" сравнивали, сколько экономит машина, грузоподъемностью 40 тонн по сравнению с 20-тонником - 15 центов на тонне груза за счет экономии топлива, амортизации, человеко-часов и других факторов.

## **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Снижение нагрузки на экосистемы (воздух, вода, почвенный покров). Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ. Увеличение производительности.

## **5.3.2. Обеспечение стабильности процесса обогащения руд цветных металлов**

### **5.3.2.1. Переработка богатой руды дроблением с последующим разделением, сортировкой по классам крупности товарной продукции**

#### **Описание**

Переработка руды дроблением с последующим разделением, сортировкой по классам крупности.

#### **Техническое описание**

Подача материала из бункера производится двумя пластинчатыми питателями, имеющими по четыре скорости вращения полотна, что позволяет дозировать загрузку дробилок и конвейерных трактов. Во избежание забивок пересыпных устройств не дробленными и смерзшимися кусками на перегрузке материала с питателей на ленточный конвейер установлены камнеотделители с решетками. Конвейеры оборудованы металлоотделителями.

Материал из бункера, по системе конвейеров одной из ниток, поступает на грохот, а после грохота верхний отсев, на дробилку. Продукты грохочения и дробления объединяются на проходящем под ними конвейере. В зависимости от установленных параметров по правым ниткам 1-й и 2-й очереди производится дробление. Для более качественного просеивания и отделения фракций разного размера кусков сырья в полые колосники грохотов подается пар. При подаче которого происходит прогрев и самоочищение от налипающего сырья. В зимнее время предусмотрена подача пара в



корпус ротора дробилки во избежание напесовки сырья между наковальной и внутренней частью пластинчатой ленты дробящего транспортера, а также между корпусом дробилки и маховиками ротора, это способствует самоочищению от налипшего сырья.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли. Сокращение образования твердых отходов.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Снижение запыленности производственных помещений для улучшения общей экологической обстановки. Сортировка производительна, экономически выгодна в эксплуатации и экологически безопасна.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Отсутствие разделения руд по сортам и типам руд при добыче и отгрузке ведет к нарушению технологического процесса и сверхнормативным потерям металлов с хвостами обогащения.

Выбор методов предварительной обработки сырья зависит от типа оборудования, технологического процесса производства, а также от типа и размера частиц исходного сырья.

Централизованная система аспирации воздуха может быть применима для новых установок, работающих с порошкообразными или пылевидными материалами, для ее реализации на существующих предприятиях потребуется их серьезная модернизация.

#### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание. Данная техника не является новой. Схема дробления и сортировка рассчитывается в этапах проектирования.

#### **Движущая сила внедрения**

Техника закладывается на этапе проектирования.

### **5.3.2.2. Методы рудоподготовки**

Руды сортируются по сортам на сульфидные, окисленные и смешанные.

Основная масса (80–85 %) цветных металлов в рудах представлена сульфидными минералами. Благородные металлы и примеси присутствуют в рудах главным образом в виде изоморфных примесей и тонкодисперсных включений в минералы основных и сопутствующих полезных компонентов, таких, как пирит, халькопирит, галенит, барит, молибден.

Несульфидные минералы представлены окислами, силикатами, карбонатами, фосфатами и другими минералами в различном соотношении.

Руды весьма разнообразны и изменчивы по химическому и минеральному составу, характеру вкрапленности и текстурно-структурным особенностям, степени окисленности, и как следствие изменчивы по обогатимости.

В зависимости от соотношения сульфидных и окисленных минеральных форм основных металлов руды подразделяют на сульфидные, смешанные и окисленные. Если основные металлы в медных и медно-молибденовых рудах более чем на 90 %, а в полиметаллических - более чем на 80 % представлены сульфидными минералами, то руды считаются сульфидными. Если содержание сульфидных фракций основных металлов меньше 50 %, то – окисленными. При промежуточных содержаниях сульфидных форм основных металлов руды считаются смешанными. Основная масса (80–85 %) цветных металлов сосредоточена в сульфидных орудинениях, и сульфидные руды являются основным источником их производства.

Сульфидные руды цветных металлов обогащаются флотационным методом, окисленные подлежат переработке гидрометаллургическим методом, а смешанные руды в зависимости от степени окисления необходимо флотировать при добавлении реагентов сульфитизаторов.

Т. е. технология обогащения зависит от типа руд – флотация или выщелачивание.

При добыче руды сортируют в основном на балансовые и забалансовые в зависимости от бортового содержания цветного металла по данным геологического опробования. Но не на всех рудниках идет оперативное опробование на степень окисленности сульфидов, в связи с чем на фабрику может быть отгружена окисленная руда, которую следует отправлять на участок кучного выщелачивания, а смешанные руды необходимо отгружать на фабрику отдельными партиями, чтобы использовать соответствующий режим обогащения (по реагентам, плотности пульпы и др.). При сортировке руд по типам и сортам необходимо предусмотреть буферные склады и бункера, в которые целесообразно складировать окисленные руды на территории рудника (шахты), сульфидные и смешанные на территории фабрики. Склады должны быть оборудованы питателями и погрузчиками со всеми нормами пылеподавления при транспортировке, складированию и отгрузке руды.

При сортировке руд цветных металлов необходимо использовать НДТ в области оперативного определения вещественного состава добываемой руды, т. е. инновационные методы отбора проб и подготовки проб для экспресс-анализа. Рентгенофлуоресцентный анализатор или спектрометр – это прибор для исследования вещества с целью определения его элементного состава путем воздействия на него рентгеновского излучения. В качестве источника излучения в рентгенофлуоресцентных спектрометрах используются рентгеновские трубки. Рентгенофлуоресцентные спектрометры не требуют сложной пробоподготовки и широко используется при добыче руды, диагностике типа руды.

### 5.3.2.2.1 Использование мельниц самоизмельчения и полусамоизмельчения для руд цветных металлов с высокой крепостью

#### Описание

Сущность процесса рудного самоизмельчения заключается в том, что куски руды крупнее 75 мм (дробящие тела) измельчают в мельнице более мелкие зерна руды и сами измельчаются. На рудных МСИ отношение диаметра барабана к длине -  $D/L \geq 3$ , т. е. имеют большой диаметр (до 12,8 м) и сравнительно малую длину.

#### Техническое описание

МСИ применяют для мокрого рудного самоизмельчения руд цветных металлов вместо конусных дробилок для среднего и мелкого дробления, стержневых и шаровых мельниц, т. е. после крупного дробления руда измельчается до крупности флотационного обогащения.

Самоизмельчение применяется для измельчения материалов крупностью от 250–500 мм до 0,3 мм и мельче. При этом в мельницу загружается вся исходная неклассифицированная руда после крупного дробления. В некоторых случаях в мельницу загружают небольшое число шаров диаметром 100–150 мм.

Мельницы рудногалечные. Размеры рудногалечных мельниц выбирают на основе предварительных испытаний; эти размеры определяются производственной мощностью предприятия, крупностью питания и измельченного продукта, а также физико-механическими свойствами измельчаемого материала.

Рудногалечные мельницы применяются на обогатительных фабриках, перерабатывающих золотосодержащие и полиметаллические руды. Для рудногалечного измельчения применяют мельницы с отношением длины барабана к его диаметру  $L:D = 1,5:1$ .

Галю необходимой крупности получают путем грохочения руды в процессе ее дробления или из рудных мельниц.

Рудногалечное измельчение осуществляется как в открытом, так и замкнутом циклах. Рудногалечные мельницы при тонком измельчении, как правило, работают в замкнутом цикле с гидроциклонами или спиральными классификаторами.

Поскольку плотность гали ниже, чем стальных шаров, размеры рудногалечной мельницы должны быть больше, чем шаровой, при одинаковой потребляемой мощности.

Основными преимуществами рудногалечного измельчения являются: хорошая избирательность, что повышает качественно-количественные показатели обогащения; полное или значительное сокращение расхода стальных шаров; простота и надежность эксплуатации мельниц; снижение себестоимости измельчения.

В процессе самоизмельчения МСИ в качестве мелющего тела используется сама руда. В процессе полусамоизмельчения МПСИ дополнительно задействуются вспомогательные мелющие тела (обычно – стальные шары). Мельницы МСИ/МПСИ

широко используются для измельчения руд цветных металлов. Линейка этих мельниц включает в себя модели различных размеров и мощностей:

диаметром от 1,8 м до 12,8 м;

мощностью до 28 МВт;

с синхронным, асинхронным, кольцевым двигателем;

с подшипниками качения или скольжения (гидродинамические или гидростатические).

Преимущества МСИ:

универсальность применения. Оптимально подходят как для сухого, так и для мокрого измельчения. МСИ являются оптимальным решением для мокрого измельчения, поскольку дробление и грохочение в некоторых случаях могут быть затруднены или вовсе невозможны. Доступен широкий выбор размеров мельниц. Благодаря широкому выбору размеров МСИ могут применяться для различных типов руд.

МСИ могут выполнять процесс измельчения, равный по эффективности двум или трем стадиям дробления и грохочения, стержневой мельницы, а также полностью или частично заменяют шаровую мельницу, т.е. заменяют две стадии дробления и одну-две стадии измельчения, обеспечивая получение готового продукта для флотации (от 50 до 75 % класса -0,074 мм), при этом значительно упрощается технологическая схема фабрики;

низкая стоимость капитальных и эксплуатационных затрат. Упрощение технологического процесса ведет к снижению капитальных и эксплуатационных затрат. Широкий выбор размеров мельниц и универсальность применения позволяют организовать процесс измельчения с МСИ при меньшем количестве линий, чем в традиционных системах. Это, в свою очередь, способствует снижению капитальных затрат и затрат на техническое обслуживание участка МСИ.

резко снижается расход стали (шаров и стержней), а в большинстве случаев металлические дробящие тела полностью исключаются;

для многих руд наблюдается снижение переизмельчения рудных и нерудных минералов;

вследствие исключения металлических дробящих тел продукт самоизмельчения имеет меньшее содержание тонкодисперсного железа, что весьма важно при последующем обогащении;

обеспечиваются более высокая степень раскрытия рудных минералов по сравнению с шаровым измельчением и повышение качества концентрата;

эффективность благодаря автоматической работе. Автоматическая работа позволяет экономить электроэнергию, мелющую среду и снижает износ футеровки, одновременно увеличивая пропускную способность оборудования. Эффективный технологический процесс на базе программного обеспечения на всех этапах: от

проектирования участка до ввода в эксплуатацию и оптимизации работы оборудования, чтобы обеспечить достижение ожидаемых результатов измельчения.

Инновационный привод мельницы для увеличения мощности в два раза. Привод мельницы Qdx4TM является следующим шагом в развитии конструкции приводов мельниц, в которой для создания системы используются компоненты, соответствующие текущим производственным возможностям. Данное решение обеспечивает удвоенную приводную систему по сравнению со стандартными приводами с двумя ведущими шестернями. Технология безредукторного привода мельницы (GMD) дополнительно расширила области применения крупногабаритных МСИ и позволила произвести крупнейшую в мире мельницу ПСИ диаметром 42 дюйма при передаче мощности 28 МВт.

Сокращается в два раза пылевынос, т. к. руда из цеха крупного дробления поступает на мокрое самоизмельчение.

Недостатки процесса самоизмельчения: в некоторых случаях образуется избыточное число кусков "критической крупности", чтобы не снижалась производительность мельницы, необходимо выводить их из процесса, либо добавлять стальные шары для их разрушения; при изменении измельчаемости и крупности исходной руды меняется производительность МСИ; рыхлые окисленные руды с низкой крепостью не могут быть измельчены до нужной крупности; МСИ по сравнению с шаровыми имеют более низкую удельную производительность.



Рисунок 5.2. Мельницы самоизмельчения

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные.**

Сокращаются выбросы пыли, т. к. руда из цеха крупного дробления поступает на мокрое самоизмельчение. К примеру, на предприятии ТОО "KAZ Minerals Aktogay" применяется двухстадиальное измельчение до крупности 80 % -0,180мм, первичное

измельчение в шаровой МПСИ в открытом цикле с выделением рудной гали и последующей второй стадией измельчения в шаровых мельницах в замкнутом цикле с гидроциклонами (поверочная классификация).

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

### **5.3.2.2.2 Схемы дробления с использованием измельчающих валков высокого давления (ИВВД)**

#### **Описание**

ИВВД могут быть использованы для увеличения производительности и снижения крупности материала в схемах с само- и полусамоизмельчением, дроблением и шаровым измельчением.

#### **Техническое описание**

Полусамоизмельчение. Стандартный измельчительный цикл с использованием МПСИ включает конусную дробилку крупного дробления, грохот, мельницу МПСИ, шаровую мельницу и гидроциклон.

Обычно в мельнице ПСМ производится не более 30 % готового класса и для того, чтобы получить это значение на уровне 90–94 %, необходим большой фронт шарового измельчения. Схема с использованием для измельчения гали мельниц ПСМ (трудного крупного класса) в цикле с использованием конусной дробилки мелкого или среднего дробления и ИВВД позволяет увеличить производительности цикла на 30–50 % и снизить фронт шарового измельчения.

Чтобы увеличить производительность по готовому классу, в схемах ПСИ возможен и другой вариант использования ИВВД. При этом следует использовать ИВВД как третью стадию дробления в ДСК, поставив во второй стадии дробления конусную дробилку. Это позволит увеличить производительность мельниц ПСИ по готовому классу и снизит количество шаровых мельниц в схеме.

Данный вариант схемы можно осуществить, исключив вторую стадию дробления в конусной дробилке, поставив при этом перед ИВВД грохот. Также возможно совместить этот вариант со схемой доизмельчения гали в ИВВД, имея две стадии измельчения в ИВВД [30].

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли.

## **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Увеличение производительности схемы измельчения. При применении технологии ИВВД сокращаются прямые энергозатраты до 40 %. Сокращение расхода мелющих тел . Снижение эксплуатационных расходов и повышение стабильности цикла флотации / выщелачивания. Низкие вибрационные нагрузки на опоры, высокая экологическая безопасность, простота и удобство обслуживания.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

## **5.3.2.2.3 Использование грохотов с высокой удельной производительностью для тонкого сухого и мокрого грохочения с полиуретановыми панелями при классификации**

### **Описание**

Технический прогресс в конструктивных решениях современных грохотов, а также разработка износостойчивых, незабывающихся сеток сделали применение тонкого грохочения в технологических схемах обогатительных фабрик экономически целесообразным. Тонкое грохочение в диапазоне от 10 мм до 38 мкм (400 меш), как правило, осуществляется с использованием высокочастотной, низкоамплитудной вибрации сетки по линейной (возвратно-поступательной) или эллиптической траекториям. Такие – сочетающие высокие производительность и эффективность разделения – типы грохотов являются предметом установки на обогатительных фабриках или замены морально и физически устаревших грохотов и др. классифицирующих руду аппаратов.

### **Техническое описание**

Процесс тонкого мокрого грохочения может заканчиваться на относительно короткой длине сита. Таким образом, идеальной была бы машина с короткой, но широкой ситовой поверхностью. Поскольку с практической точки зрения данный дизайн неудобен, ряд производителей сконструировали грохоты с мультипитателями. Как показано на рисунке 5.3, грохот фактически состоит из двух или трех работающих параллельно коротких сит, достигая той же цели, что и один короткий, широкий грохот . Грохоты с мультипитателем превышают производительность обычных аналогичных машин с монопитателями на 50– 125 %.

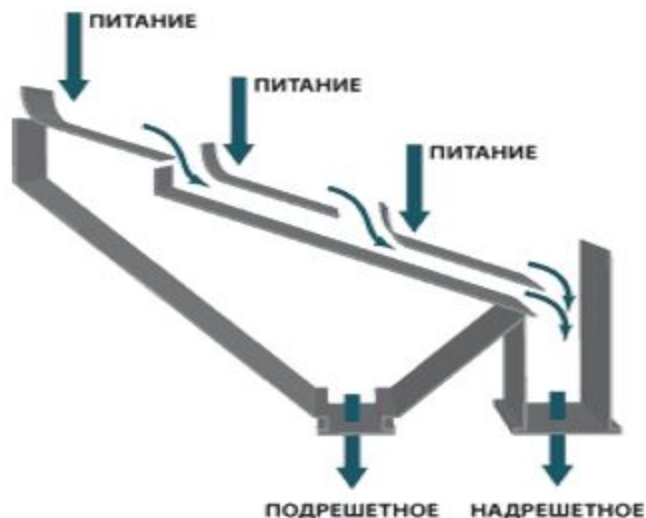


Рисунок 5.3. Схема грохота с мультипитателем

Грохоты с мультипитателями предпочтительнее использовать, когда необходимо добиться качественного подрешетного продукта (высокая эффективность по подрешетному) с небольшим допустимым количеством тонкого в надрешетном материале. К примеру, компания Derrick Corporation развила эту концепцию, представив на рынок мультидечный грохот. Данный грохот фактически состоит из пяти ситовых поверхностей, установленных параллельно, одна над другой.

Компания Derrick производит восьмидечный вибрационный грохот, который по своей производительности в 2–3 раза превосходит пятидечный грохот.

Все восемь дек функционируют параллельно, что в сочетании с увеличенной на 30–35 % рабочей шириной просеивания обеспечивает существенное повышение производительности при умеренной занимаемой площади. Позиционируется как эффективное решение, в том числе для предприятий с нехваткой свободного места.

Дополнительно на грохот устанавливается система орошения для смывания подрешетного продукта сквозь отверстия. Все рамы грохота покрыты устойчивым к износу уретаном. Грохот комплектуется двумя желобами для надрешетного и одним для подрешетного продукта, что устраняет необходимость в использовании объемного бункера и, следовательно, уменьшает габариты установки.

Применение предприятиями аналогичных грохотов позволяет увеличить производительность и эффективность через оптимизацию циклов грохочения, а не за счет наращивания количества отдельных установок. Подобный подход обеспечивает сдерживание роста капитальных расходов, экономию на занимаемом оборудовании площади.

Также для примера: компания Metso выпустила новый грохот для ультратонкого отсева, рассчитанный на грохочение в мокром режиме материала крупностью до 50 мкм. Установка оснащена десятью деками и может использоваться в циклах измельчения как замена гидроциклонам.



Вибрационный грохот, оснащенный специальными датчиками, позволяет собирать и анализировать данные по функционированию и производительности оборудования.

### **Просеивающие поверхности**

Разработка полиуретановых (ПУ) сит с высоким показателем по живому сечению, износоустойчивых, с длительным сроком службы, является, возможно, наиболее значительным достижением в технологии тонкого мокрого грохочения.

К примеру, компания Haver & Boecker представила новые просеивающие поверхности Tu-Max. Они выполнены из полиуретана и предназначены для классификации как в мокром, так и сухом режиме.

Ситовые ПУ панели с минимальным размером ячейки в 100 мкм (140 меш) и живым сечением, сопоставимым с плетеными стальными сеткам характеризуются показателями увеличенного срока службы тонких ПУ панелей в 10–20 раз. Кроме того, ПУ панели гораздо менее склонны к забиванию. До появления тонких ПУ панелей разработчики предпочитали избегать применения тонких грохотов – из-за высоких эксплуатационных затрат на замену тонких стальных сит. С возможностью использования износостойких ПУ панелей технологические решения по применению процесса тонкого грохочения из непрактичных становятся экономически целесообразными и даже выгодным.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов загрязняющих веществ и улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Большая эффективность разделения по крупности, снижение затрат на измельчение за счет применения грохотов, уменьшение объема измельчительного оборудования, оптимальный расход питания при достижении заданных свойств.

Выгоды от эксплуатации грохотов будут выражаться в повышенной технической готовности, эффективности, сокращении количества простоев, расходов на техническое обслуживание и т. п.

Полиуретановые сита для отсева различных материалов, в том числе руд золота и цветных металлов отличаются системой просеивания, которая состоит из трех основных компонентов:

1) просеивающих панелей: эффективность классификации обеспечивается благодаря эластичности, гибкости и высоким показателям живого сечения (эластичность панелей позволяет им совершать волнообразные движения во время вибрации грохота, что разрыхляет материал, увеличивает скорость прохождения материала сквозь ячейки, не позволяет зернам забивать ячейки);

2) крепежных планок: могут быть установлены на деку любой конструкции; позволяют трансформировать любую деку в эластичную просеивающую систему; нет необходимости в изменении конструкции деки;

3) боковые футеровочные балки: защищают стенки грохота от абразивного износа, выполняют задачу фиксации просеивающих панелей по краям при помощи полиуретановых штырей (для наклонных дек).

В целом замена просеивающих поверхностей на более оптимальные и эффективные – один из первоочередных способов решения тех или иных производственных проблем, связанных с рудоподготовкой.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат. Технический прогресс в конструктивных решениях современных грохотов, а также разработка износостойчивых, незабывающихся тонких, вплоть до 100 мкм (140 меш) ПУ сеток сделали применение тонкого грохочения в технологических схемах обогатительных фабрик экономически целесообразным. Эти преимущества истинного разделения материала по геометрическому размеру достигаются на высокопроизводительных грохотах, оборудованных незабывающимися ПУ панелями с длительным сроком службы.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

## **5.3.2.2.4 Использование вертикальных мельниц в зависимости от технологии переработки, требующей сверхтонкого измельчения**

### **Описание**

В связи с постепенным истощением существующих запасов богатого легкообогатимого минерального сырья, в котором ценные компоненты находятся в легкоизвлекаемой форме, возникает необходимость вовлечения в переработку новых месторождений с более упорными типами сырья, в которых извлекаемые компоненты тонко вкраплены в пустую породу. К данному виду сырья можно отнести различные упорные золотосодержащие, полиметаллические сульфидные и окисленные руды и концентраты, техногенные отвалы. Для эффективной переработки таких продуктов требуется разрушение плотной структуры вмещающих пород с целью высвобождения или вскрытия ценного компонента, легкоизвлекаемого при последующей переработке общепринятыми методами обогащения или металлургии.

Тонкая вкрапленность извлекаемого компонента (порядка одного микрометра) зачастую не позволяет произвести его вскрытие при стандартном измельчении в шаровых мельницах, что требует применения новых современных методов ультратонкого измельчения. Область применения ультратонкого измельчения в

горноперерабатывающей промышленности довольно широка. Применение его на стадии гравитационного и флотационного обогащения позволяет повысить качество концентратов и извлечение металлов. В гидрометаллургических процессах ультратонкое измельчение может использоваться непосредственно перед стадией агитационного выщелачивания. При таком исполнении достигается существенный прирост извлечения металлов и значительное сокращение продолжительности выщелачивания за счет практически полного вскрытия ценных компонентов и увеличения площади свободной поверхности растворяемого компонента.

### **Техническое описание**

При механическом разрушении структуры минералов наблюдается сильная механохимическая активация материала (изменение его химических и физических свойств). Данное явление может оказывать двойное воздействие на эффективность последующих операций переработки. Наиболее благоприятным является применение ультратонкого измельчения с последующей окислительной технологией, что позволяет значительно снизить основные параметры процесса (температуру, давление, продолжительность). Это приводит к сокращению капитальных и эксплуатационных затрат на стадии разложения. В перспективе данное сочетание процессов может заменить многие высокзатратные пирометаллургические технологии получения цветных металлов, такие как обжиг и плавка.

Долгое время сдерживающим фактором развития технологий сверхтонкого измельчения являлось отсутствие надежного, экономичного и высокопроизводительного оборудования для осуществления процесса. Использование обычных шаровых мельниц для тонкого измельчения за счет их низкого удельного энергопотребления, а, следовательно, низкой пропускной способности и невозможности эффективной передачи энергии от шаров к измельчаемому материалу технологически и экономически невыгодно. Применение их для получения частиц размером менее 20 микрон приводит к экспоненциальному возрастанию затрат по мере уменьшения размера частиц получаемого продукта.

Поиски эффективных способов тонкого измельчения привели к разработке современных мельниц тонкого измельчения, в частности вертикальных и горизонтальных бисерных мельниц (рисунок 5.4). Ранее данные мельницы применялись главным образом для измельчения пигментов в лакокрасочной промышленности. Все они оборудованы стационарными камерами помола, в них применяются мелющие тела небольшого размера (бисер), а также установленные внутри мельниц мешалки, вращающиеся на большой скорости. Принцип действия бисерных мельниц основан на высокоэффективном перемешивании, в результате чего энергия передается небольшим мелющим телам с образованием множества сжатых и быстро вращающихся слоев измельчаемого материала, генерирующих силы сжатия и скручивания.

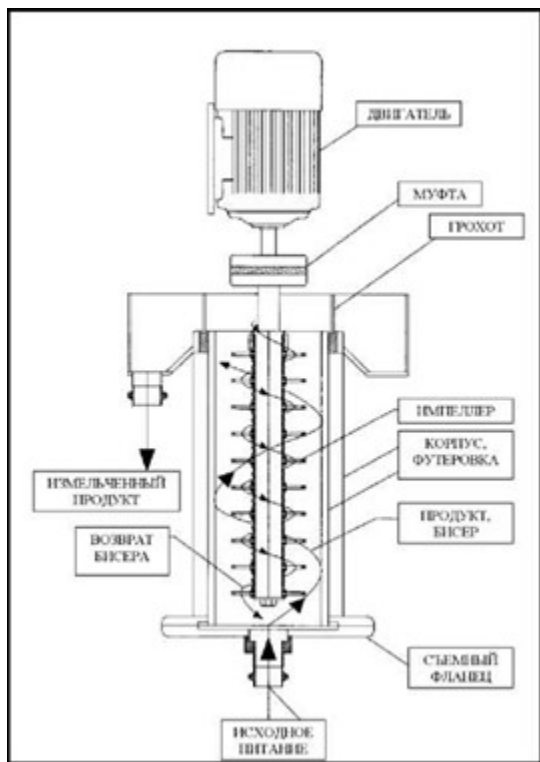


Рисунок 5.4. Бисерная вертикальная мельница

Данные мельницы отличаются высокой пропускной способностью и высоким коэффициентом преобразования энергии, если они используются для тонкого и ультратонкого измельчения. Сравнительный анализ бисерной и традиционной шаровой мельницы показал, что использование бисерной мельницы для измельчения материала до крупности порядка 10 мкм позволяет более чем на 75 % снизить уровень электропотребления и почти в 300 раз снизить продолжительность измельчения по сравнению с шаровой мельницей. Высокая удельная производительность бисерных мельниц является решающим фактором для выбора данной технологии измельчения.

Бисерные мельницы имеют много требующих регулирования параметров, поскольку в таких мельницах частицы мелющей среды полностью перемешиваются с высококонцентрированной минеральной пульпой в условиях значительного энергопотребления. Для получения нужного конечного продукта необходима оптимизация технологических параметров, что позволит достичь минимального энергопотребления и максимальной производительности мельницы.

Размеры частиц мелющей среды – самый важный параметр процесса бисерного измельчения. Мелющая среда должна быть достаточно крупнозернистой, чтобы обеспечить разбивание самых крупных частиц в подаваемом материале. Если размеры частиц мелющей среды будут слишком малы по сравнению с размерами части подаваемого материала, то данная часть останется неизмельченной. В то же время увеличение крупности измельчающей среды приводит к снижению

производительности мельницы и увеличению ее энергопотребления. Очевидно, что выбор мелющей среды с оптимальным размером частиц оказывает положительное значение на все главные параметры работы мельницы. Практика показывает, что размер частиц мелющей среды в бисерной мельнице должен быть в 20–30 раз больше, чем крупность подаваемого продукта. На процесс измельчения также огромное влияние оказывает материал, из которого изготовлена мелющая среда. В качестве материалов, отвечающих всем требованиям, предъявляемым к качеству измельчающей среды, можно отнести керамику и цирконий.

Так как в основе работы бисерной мельницы лежит центробежная сила, посредством которой энергия передается мелющей среде для измельчения ею подаваемых частиц, то скорость вращения мешалки оказывает большое значение на производительность мельницы. Исследованиями установлено, что интенсивность измельчения пропорциональна квадрату скорости вращения мешалки. Таким образом, чем выше скорость вращения, тем меньше время измельчения, необходимое для получения требуемого продукта.

Отличительной особенностью бисерных мельниц является высокая загрузка мелющей среды (до 85 % от объема мельницы). При этом с увеличением загрузки бисера происходит снижение энергопотребления мельницы на тонну материала. Уровень загрузки мелющей среды находится практически в прямой зависимости от передаваемой мощности мельницы, что часто используется для расчетов объема мелющей среды при заданном значении энергии.

Оптимальная плотность подаваемой в бисерную мельницу пульпы обычно варьируется между 40 и 60 % по массе. Поддержание плотности пульпы на оптимальном уровне очень важно, поскольку бисерные мельницы часто имеют ограниченный объем потока. Таким образом, чтобы повысить энергоэффективность и достичь стабильной работы мельницы, следует избегать попадания излишнего количества воды в поток, подаваемый в мельницу. С точки зрения технологических параметров, плотность пульпы определяет объемный расход измельчаемого материала, а также оказывает значительное влияние на реологические свойства пульпы, которые в процессе бисерного измельчения воздействуют на крупность измельчения, размер частиц и скорость мельницы.

Перспективным является применение технологии бисерного измельчения для так называемого "грубого помола", при использовании данной технологии в открытой схеме фабрики для вторичного измельчения и доизмельчения.

Исследования различных типов упорного минерального сырья показали перспективность технологии ультратонкого измельчения концентратов и руд. Так, например, значительно повышается эффективность перемешивающих операций флотации для вкрапленных полиметаллических руд, повышается уровень извлечения золота при цианировании упорных сульфидных концентратов, расширяется область применения

центробежных методов обогащения, значительно снижается энергопотребление при классическом измельчении руд до 40–74 мкм.

Таким образом, переход минерального сырья на уровень микрометров и нанометров расширяет области эффективного применения процессов обогащения и гидрометаллургии. Это позволяет вовлечь в эксплуатацию труднообогатимые руды, переработка которых ранее считалась малоперспективной и экономически нецелесообразной. Новые свойства такого сырья позволяют повысить уровень извлечения ценных металлов. Комбинированные гидрометаллургические технологии с применением ультратонкого измельчения в определенных случаях являются более рентабельной альтернативой традиционным окислительным процессам (обжиг, автоклавное и бактериальное окисление).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Применение вертикальных мельниц, значительно уменьшают вредное воздействие обогатительного предприятия на окружающую среду.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Мельницы позволяют не только снизить эксплуатационные расходы, но и сократить выбросы углерода. Снижение энергопотребления.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Повышение эффективности перечистных операций флотации.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

Данная техника не является новой. Схема и технология рассчитывается в этапах проектирования. Стоимость, затраты, экономика рассчитываются при проектных работах и закладываются в эксплуатационные параметры предприятия.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение эксплуатационных затрат, повышение эффективности измельчения и качества выпускаемой продукции.

### **5.3.2.3. Методы при процессе флотации**

#### **5.3.2.1. Использование больше-объемных флотомашин с камерами чанового типа**

##### **Описание**

Вовлечение в переработку все более бедных руд заставляет горно-обогатительные предприятия для сохранения выпуска товарной продукции значительно увеличивать объемы переработки.

Это, в свою очередь, создает потребность в технологическом оборудовании с высокой единичной производительностью, достигаемой увеличением габаритных размеров.

Дальнейшее увеличение габаритов традиционных флотационных машин потребовало применения более прочных и дорогостоящих материалов для

предотвращения деформаций конструктивных элементов под действием значительных гидравлических нагрузок. Решением этой задачи стало создание флотационных машин нового типа, имеющих более эффективную конструкцию, что позволило изготавливать флотационные камеры значительного единичного объема.

По конструкции аэрационных узлов флотомашин фирмы производители не проводят новые разработки, а решают эту проблему путем масштабного увеличения элементов старых конструкций.

#### **Техническое описание.**

Гидродинамика в крупногабаритных аппаратах должна кардинально отличаться от малообъемных. Например, в малообъемных камерах аэрационный узел, создающий доминирующие верхние циркуляционные потоки в камере флотомашин, работает удовлетворительно. В то же время опыт работы большинства предприятий показывает, что при масштабном увеличении для крупногабаритных флотомашин данная конструкция не удовлетворяет требованиям современного производства. Связано это с тем, что верхние циркуляционные потоки, создаваемые при вращении ротора, образуют воронку внутри камеры и провоцируют вращение пульпы в верхней ее части. Это приводит к частичному разрушению пенного слоя и нарушению пеносьема. Другой негативной стороной является запесочивание нижней части камеры из-за плохого перемешивания в этой зоне, что может приводить к частым остановкам линии флотации для размывания камер. Также негативным фактором крупногабаритного оборудования на основе этого аэрационного узла является нарушение режима диспергации при незначительных отклонениях технологических параметров, и, как следствие, небольшой диапазон по регулированию расхода флотационного воздуха. При незначительном увеличении подачи воздуха во флотомашину диспергация его почти полностью прекращается, а при уменьшении происходит быстрое осаждение твердой фракции пульпы, что делает невозможным прохождение пульпы через камеру. Кроме того, отсутствие разряжения на выходе воздуха из ротора приводит к быстрому зарастанию сечения вала и прекращению поступления воздуха в камеру флотомашин. Управление таким процессом сводится к постоянному устранению аварийных ситуаций, а автоматизация управления этим процессом служит только для регистрации постоянных нарушений.

Еще одним примером может служить конструкция аэрационного узла, имеющая только активное нижнее перемешивание. Это более удачная конструкция, прекрасно работающая на камерах малого и среднего размеров, так как удовлетворяет многим требованиям: хорошее перемешивание в нижней части камеры, легкий пуск после останова, хорошая диспергация воздуха, большой диапазон регулирования. Однако при масштабном увеличении размеров, то есть в условиях большой высоты камеры, отсутствие верхних циркуляционных (восходящих) потоков делает извлечение крупных фракций весьма затруднительным, требуются повышенные расходы

пенообразователя. Отсутствие верхних циркуляционных (восходящих) потоков приводит также к критическому повышению плотности в нижней зоне камеры, повышенному потреблению электроэнергии и износу элементов конструкции аэрационного узла.

Эти недостатки наглядно иллюстрируют традиционный подход к выпуску крупногабаритного технологического оборудования.

Применительно к флотационному оборудованию можно сказать, что современная большеобъемная флотационная машина должна удовлетворять нескольким основным требованиям:

- хорошее перемешивание в нижней зоне камеры, не допускающее запесочивания и короткозамкнутых потоков пульпы, (проходящих сквозным потоком через флотокамеру, без захода в аэрационный узел);

- эффективный контакт минеральных частиц и пузырьков воздуха;

- хорошая диспергация и распределение пузырьков воздуха по объему камеры при широких диапазонах регулировки расхода воздуха;

- наличие восходящих потоков в средней зоне камеры, способствующих флотации гидрофобных частиц крупных фракций и не допускающих образования критической плотности в нижней зоне;

- наличие спокойной верхней зоны камеры, не допускающей разрушение пенного слоя, чем обеспечивается стабильный пеноъем;

- обеспечение устойчивой разгрузки и транспортировки пенного продукта;

- легкий запуск под нагрузкой после останова;

- обеспечение низкого расхода электроэнергии, низкого механического износа компонентов и высокой их надежности.

На примере компании Metso показан путь конструктивного развития большеобъемных флотомашин.

Понимая все аспекты функционирования большеобъемных флотомашин, а также бесперспективность дальнейшего экстенсивного развития аэрационных узлов имеющихся конструкций, компания Metso Minerals (Svedala) в ноябре 1994 г. приступила к созданию, и с 1997 г. начала продажи флотомашин RCS™ (Reactor Cell System, "Система реакторной камеры") на основе аэрационного узла DV™ (Deep Vane, "Глубокая лопасть").

Конструкция аэрационного узла DV™ является одной из самых современных разработок и была спроектирована специально для работы в большеобъемных флотационных машинах. При разработке были учтены все вышеизложенные требования, а также недостатки, свойственные некоторым другим конструкциям.

Флотомашина RCS™, наряду со всеми преимуществами чановых флотационных камер, также оборудована аэрационным узлом с уникальными характеристиками, что



позволяет получить идеальные условия для эффективной работы в любой операции: основной, перечистой или контрольной.

Для изготовления флотационных машин применяются современные материалы, обеспечивающие долговечную и надежную работу. Флотомшины адаптированы для применения самого современного оборудования контроля и управления.

Для современных обогатительных фабрик предлагается широкий диапазон типоразмеров флотомашин объемом от 5 до 200 м<sup>3</sup>, ведутся работы по дальнейшему увеличению единичного объема камеры.

Камера флотационной машины RCS™ представляет собой цилиндрический чан, который имеет низко расположенные патрубки подачи и разгрузки пульпы, что позволяет избежать образования короткозамкнутых потоков пульпы. Благодаря особенностям аэрационного узла гуммирование необходима только в центральной части чана флотомшины. Конструкция флотационной камеры обеспечивает несущие функции, надежно удерживая аэрационный узел и его привод, а также является опорой для площадки техобслуживания и элементов технологического прохода, который установлен вдоль каскада флотомашин.

Флотационная камера имеет два внутренних пересечных пенных желоба, каждый желоб обеспечивает сбор пенного продукта с двух сторон. Оба пенных желоба имеют разгрузку на одну сторону флотационной машины.

Пересечные пенные желоба в отличие от кольцевого пенного желоба обеспечивают более эффективный сбор и разгрузку пенного продукта за счет меньшей длины и большего уклона при том же периметре пеносяема. Также при использовании пересечного желоба не происходит деформации пенного слоя при его движении по поверхности к желобу, как в случае кольцевого пенного желоба, что предотвращает частичное разрушение пенного слоя.

На флотомашине RCS™ применяется традиционная конструкция приемных и разгрузочных /промежуточных карманов.

Разгрузочный карман флотомшины оборудован клапанами Дарт, обеспечивающими регулирование уровня пульпы во флотомашине. Клапаны Дарт обеспечивают более точную регулировку уровня пульпы во флотомашине, а также являются более надежными в эксплуатации по сравнению со шланговыми пережимными клапанами.

Применяемый на флотомашине RCS™ аэрационный узел DV™ состоит из ротора, смонтированного на полом валу, и статора, закрепленного на несущей трубе. Ротор имеет уникальную компоновку вертикальных лопастей с нижними гранями специальной формы и дисперсионную полку. Через полый вал флотационный воздух подается во вращающийся ротор, через вертикальные отверстия ротора воздух выходит в пульпу, при этом происходит его диспергация о неподвижные лопатки статора.

Конструкция аэрационного узла обеспечивает мощную радиальную циркуляцию пульпы к стенкам камеры и сильные обратные потоки к нижней стороне ротора, что позволяет избежать запесочивания флотомшины. Вертикальные лопадки статора направляют эти потоки в радиальном направлении и полностью устраняют вращение пульпы в камере.

К особенностям аэрационного узла DV™ следует отнести наличие верхней циркуляции, которая помимо дополнительного выноса минерализованных пузырьков, позволяет поддерживать оптимальное распределение твердого по объему флотационной камеры за счет частичного разбавления пульпы в нижней части камеры с высокой плотностью менее плотными верхними слоями и не допускать, тем самым, критического увеличения плотности у дна. Также профиль ротора позволяет минимизировать потребление энергии.

Таким образом, аэрационный узел во флотационной машине RCS™ обеспечивает образование трех основных зон:

нижняя зона, в которой за счет очень активного перемешивания обеспечивается равномерное распределение твердого, а также создаются условия для многократного контакта минеральной частицы и пузыря воздуха, что предопределяет равные возможности перехода в пенный продукт всех имеющихся классов крупности;

верхняя зона со значительно меньшей турбулентностью, для предотвращения отрыва крупных частиц от пузырьков воздуха;

неподвижная поверхность пульпы в камере, что обеспечивает спокойную разгрузку пенного продукта в желоба и минимизирует вероятность повторного попадания минеральных частиц из пенного слоя в пульпу.

Аэрационный механизм спроектирован таким образом, чтобы свести к минимуму образование локальных зон с высокой турбулентностью в роторе и статоре, что значительно снижает износ элементов конструкции.

Все компоненты аэрационного механизма DV™ закреплены на верхней раме. Такая конструкция позволяет производить одновременный демонтаж всего аэрационного узла (ротора и статора) и значительно упрощает текущий ремонт и обслуживание.

Вращение ротора осуществляется при помощи редукторного или клиноременного привода, смонтированного на одной раме с трехфазным асинхронным электродвигателем, шкивов, клиновых ремней и защитного кожуха ременной передачи.

Для флотационных камер объемом до 70 м<sup>3</sup> обычно применяется клиноременный привод. Для более крупных камер стандартным является редукторный привод, однако, по специальному заказу эти машины могут также оснащаться клиноременным приводом.

Защита от износа элементов флотомшины RCS™. Для защиты элементов флотомшины от абразивного воздействия пульпы применяется гуммирование. Обычно

требуется гуммировать днище флотационной камеры, загрузочный карман, промежуточный и разгрузочный карманы, а также внутреннюю часть пенного желоба.

Материалы защиты от износа аэрационного узла применяется цельнолитое полиуретановое покрытие или покрытие из износостойких эластомеров.

Компоновка флотомашин RCS™. Из индивидуальных флотационных машин RCS™ формируются каскады, путем соединения флотационных камер между собой при помощи промежуточных патрубков, каскады при помощи фланцев разгрузочного (промежуточного) карманов объединяются во флотационные нитки.

Основным достоинствами флотомашин RCS™, производства Metso Minerals являются:

- модульная конструкция флотомашин значительно упрощает транспортировку и монтаж;

- конструкция пересеченных пенных желобов "перекрестного потока" обеспечивает оптимальный режим пеноотсева и транспортировки пенного продукта;

- клапана Дарт обеспечивают более точное и надежное управление уровнем пульпы в камере.

Аэрационный узел конструкции DV™ обеспечивает:

- низкий износ элементов узла за счет оптимального профиля и использования для изготовления специальных износостойких материалов; эффективную диспергацию воздуха и равномерное распределение пузырьков по объему камеры; эффективный режим формирования взвеси минеральных частиц, не допуская запесочивания флотационной камеры;

- максимальное количество столкновений пузырьков с минеральными частицами;

- эффективное удаление песков из флотационной камеры при запуске после останова;

- наличие верхней циркуляции, препятствующее критическому повышению плотности в нижней части флотомашин, что способствует снижению потребления электроэнергии приводом; простое техническое обслуживание за счет единого узла ротор-статор с верхним креплением, обеспечивающего одновременный демонтаж обоих компонентов даже без остановки технологического процесса.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Высокая эффективность разделения. Снижение выбросов загрязняющих веществ и улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные.**

Получение максимальных технологических показателей, минимальные энергетические затраты, простота регулировки и эксплуатации. Высокая пропускная способность.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

## **5.3.2.3.2. Использование колонных флотомашин**

### **Описание**

Колонные флотомшины состоят из высокого чана, в котором происходит расслоение пены и пульпы, системы аэрации, системы регулирования уровня пульпы, системы промывочной воды, разгрузочной барометрической трубы и комплекта управляющих КИП, помимо соединений трубопроводов для питания, концентрата и хвостов. Типовая флотомшина колонного типа изображена на рисунке 5.5.



Рисунок 5.5. Общий вид колонных флотомашин

### **Техническое описание**

В верхнюю треть колонной флотомшины подают пульпу, а в нижнюю секцию с большой скоростью подается воздух. Затем пульпа течет вниз и сталкивается с поднимающимися воздушными пузырьками. Подобный противоток способствует задержанию частиц в пульпе. Кроме того, энергичная подача воздуха обеспечивает образование небольших пузырьков и способствует их контакту с рудой, что приводит к сбору гидрофобных частиц.

Нагруженные пузырьки поднимаются и образуют толстый пенный слой в верхней части колонной флотомшины. Этому способствует ее форма - диаметр флотомшины меньше ее высоты. Непосредственно над верхней частью колонной флотомшины система аккуратно распределяет воду над пеной, в результате чего большая часть уносимого гидрофильного материала смывается обратно в пульпу. Толщина пены и

подобный процесс промывки обеспечивают лучшее обогащение руды в пене, улучшая качество обогащения и извлечения. Пена, богатая гидрофобным материалом, разгружается в желоба. При основной флотации эта пена соответствует черновому концентрату. Гидрофильные частицы стекают вниз и покидают колонную флотомашину через барометрическую трубу, включающую систему регулирования уровня. Эти частицы являются сгущенными хвостам.

Колонные флотомашины подходят для руд с размером частиц менее 150 мкм. Частицы большего размера обычно слишком тяжелы для того, чтобы их можно было поддерживать во взвешенном состоянии.

Физически, колонная флотация управляется путем регулирования уровня пульпы/ пены, расхода и давления воздуха, расхода промывочной воды. Помимо этих аспектов также возможно изменение реагентного режима для достижения желаемых характеристик. Правильное сочетание всех этих факторов для конкретной руды обеспечивает оптимальное обогащение минерального сырья.

Поскольку колонные флотомашины не имеют систему механической агитации, они отличаются оптимальным энергопотреблением. Благодаря этому флотомашины колонного типа хорошо подходят для переработки рудной мелочи с целью получения пены, богатой гидрофобным материалом.

Система аэрации является наиболее важной частью колонной флотомашин. Для достижения наилучшей работы флотомашин следует соблюдать следующие условия:

- стабильный расход воздуха для руды и флотомашин;
- небольшой размер пузырьков;
- хорошее распределение воздуха по всей колонной флотационной машине.

Последние разработки колонных флотомашин представляют собой передовую систему распределения воздуха и помогает достичь наилучших характеристик флотации. Эта система безопасна, стабильна, надежна, проста в обслуживании и не требует остановки колонной флотомашин для осмотра или техобслуживания. Существует два типа системы SonicSparger: SonicSparger Vent и SonicSparger Jet. Для модернизации существующих колонных флотомашин с целью улучшения результатов флотации могут использоваться оба типа системы.

Колонные флотомашины используются главным образом на этапах перечистки благодаря своей способности производить пену высокого качества с тонким материалом. Наиболее распространенная схема включает в себя основную флотацию в механических камерах и перечистку в колонных флотомашин после доизмельчения промежуточных концентратов. Такой тип схемы позволяет свести к минимуму затраты на измельчение. Механические флотомашин используются на крупном питании, с размером частиц, достаточным для обеспечения высокого извлечения при флотации. На этом этапе образуется промежуточный и невысвобожденный концентрат, обычно со значительно меньшей массой, чем исходное питание. Затем доизмельчается только

концентрат основной флотации, что приводит к снижению затрат на измельчение. Продукт доизмельчения дополнительно подвергается обогащению в колонных флотационных машинах, которые больше подходят для тонкоизмельченных минеральных частиц.

На колонных флотомашинках достигается максимальное извлечение из тонкоизмельченных минералов и позволяет сократить производственные площади за счет совмещения несколько флотационных операций. Так, при доводке молибденовых концентратов, включающие до шести перемешиваний на механических флотомашинках, то на колонных флотомашинках можно совместить в одной машине.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные.**

Получение максимальных технологических показателей, минимальные энергетические затраты. К примеру, На ОФ Miduk (Иран) с производительностью 650 т /ч, в основной флотации установлено 5 колонных флотомашин диаметром 4 м и высотой 12 м. В операции получают готовый медный концентрат, а на хвостах проводят контрольную операцию (дофлотацию) с применением пневмомеханических флотомашин.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Колонные флотационные машины могут быть успешно применены для флотации молибденовых, медных, золотосодержащих, полиметаллических, свинцово-баритовых углистых сланцев, а также переработки текущих и лежалых хвостов золотоизвлекательных фабрик.

#### **Экономика**

На колонных флотомашинках достигается максимальное извлечение из тонкоизмельченных минералов и сокращаются производственные площади за счет совмещения нескольких флотационных операций.

#### **Движущая сила внедрения**

Повышение удельной производительности и извлечения при обогащении, низкая энергоемкость, сокращение производственных площадей, полная автоматизация.

### **5.2.3.3. Автоматизированные системы подачи реагентов**

#### **Описание.**

Основным регулирующим устройством технологического комплекса флотации является расход реагентов по фронту флотации. Расход реагентов – важное и

эффективное управляющее воздействие. От правильно выбранного реагентного режима зависят конечные результаты флотации, а перерасход реагентов ухудшает технико-экономические показатели и экологическую безопасность.

### **Техническое описание.**

АСУ дозированием реагентов позволяет экономить реагенты и более точно следовать режимным технологическим картам, предъявляющим жесткие требования к соблюдению постоянства соотношения "возмущающее воздействие – расход реагента".

Датчики, используемые в реагентном цехе, являются элементом технических систем, предназначенных для измерения, сигнализации, регулирования, управления устройствами или процессами. Датчики преобразуют контролируемую величину в сигнал (электрический, оптический, пневматический), удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации информации о состоянии объекта измерений.

Исторически и логически датчики связаны с техникой измерений и измерительными приборами, например, термометры, расходомеры, барометры, Ph-метры и т. д.

Обобщающий термин датчик укрепился в связи с развитием автоматических систем управления, как элемент обобщенной логической концепции датчик-устройство управления-исполнительное устройство-объект управления. На обогатительной фабрике в реагентном цехе используется часть представленных датчиков, таких как, дозирующее оборудование, датчик уровня, электромагнитный расходомер.

Управление расходом реагентов в процесс флотации может осуществляться по следующим параметрам:

- объемному расходу пульпы на флотацию;
- расходу твердого с пульпой, поступающей в процесс флотации;
- содержанию металла в исходной руде или количеству металла, поступающего на флотацию;
- концентрации реагентов в пульпе;
- отклонению качественных показателей процесса флотации;
- по алгоритму, учитывающему отклонения входных и выходных величин процесса флотации.

Эти принципы дозирования могут быть реализованы разомкнутыми, замкнутыми и комбинированными АСУ.

Разомкнутые системы дозирования реагентов являются наиболее распространенными на обогатительных фабриках. Они обеспечивают компенсацию колебаний возмущающих воздействий и их целесообразно применять при резких колебаниях параметров входного потока пульпы. Кроме того, такие системы сравнительно просто реализуемы. Однако, при таком управлении невозможно учесть колебания неконтролируемых возмущений (флотируемость, состояние минерализации

и т. д.), что приводит к необходимости корректировать расход реагентов, чтобы поддерживать выходные показатели на заданном уровне. Наибольшее распространение имеет система дозирования реагентов по расходу твердого с пульпой.

Замкнутые системы дозирования реагентов используют информации об изменении выходных показателей процесса и поэтому косвенно реагируют на все контролируемые и неконтролируемые возмущения. Выходные показатели процесса (содержание металла, извлечение) контролируются с определенным интервалом времени, определяемом техническими возможностями технических средств контроля вещественного состава. Однако, эффективность таких систем невысока, вследствие значительной инерционности процесса флотации.

Наилучшие результаты дают комбинированные системы управления реагентным режимом. Например, по расходу твердого с коррекцией по остаточной концентрации реагента в пульпе или по отклонению содержания в концентрате и хвостах извлечения.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Переход на автоматизированное оборудование имеет положительный эффект в экологической обстановке: снижается количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, уменьшается образование отходов за счет алгоритма подачи реагентов.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Автоматизированное управление оборудованием в зависимости от выбранного режима подачи, оптимальный расход питания, экономия реагентов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат. Низкая электропроводность, низкий расход материалов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Областью применения модели являются сфера эксплуатации различного оборудования, возможность самостоятельного изменения алгоритмов.

#### **Экономика**

Затраты на внедрение системы включают в себя затраты на разработку системы и единовременные затраты на приобретение оборудования. Разработка позволяет существенно повысить уровень обеспечения безопасности труда на предприятии, снизить трудозатраты и увеличить производительность труда.

#### **Движущая сила для осуществления**

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду. Экономия ресурсов.

### **5.3.2.3.4. Замена и (или) снижение расхода токсичных флотационных реагентов (СДЯВ) на нетоксичные**

#### **Описание**



Флотореагенты – химические соединения, способствующие избирательному прилипанию пузырьков воздуха к минеральным частицам и осуществлению флотации определенных компонентов. В зависимости от целевого назначения флотореагенты делят на три класса: собиратели, пенообразователи, регуляторы.

Обычно при флотации одновременно применяют несколько реагентов, действие которых взаимосвязано и зависит от концентрации каждого из них. Превышение сверх необходимого расхода реагента одного класса требует повышения расхода реагентов других классов и может привести к ухудшению технологических показателей. Минимально возможные расходы реагентов обеспечивают наименьшие затраты на переработку минерального сырья и лучшие результаты флотации. Необходимый расход реагентов определяют с помощью лабораторных флотационных опытов, уточняют в полупромышленных и промышленных условиях.

### **Техническое описание**

Флотоактивность реагентов может быть повышена с помощью физических, химических и др. методов - эмульгирование, электрохимическое окисление, ультразвуковая, тепловая и бактериальная обработки, смешивание разных реагентов, подача реагента в парообразном состоянии или в виде аэрозоля и др.

Собиратели – органические вещества, закрепляющиеся преимущественно на поверхности раздела твердое – жидкость.

Назначение собирателей – гидрофобизация минеральной поверхности (понижение ее смачиваемости водой), увеличение скорости и прочности прилипания частиц к пузырькам воздуха.

Для флотации сульфидных и сульфидизированных руд тяжелых цветных металлов наиболее эффективны серосодержащие собиратели -сульфгидрильные и производные тиокарбаминовых кислот (в практике преимущественно используют ксантогенаты, дитиофосфаты, тионокрбаматы и дитиокарбаматы). Эти собиратели неактивны или малоактивны по отношению к кварцу, алюмосиликатам и минералам со щелочными или щелочноземельными катионами в кристаллической решетке.

При флотации всех полезных ископаемых перспективны собиратели со смешанными функциональными группами (особенно амиды и тиоамиды, аминокислоты, аминоэфиры).

Неионогенные собиратели - основные реагенты при флотации природно гидрофобных минералов (графит, сера, молибденит и др.); в качестве дополнительных собирателей их применяют при флотации самых разнообразных минералов (вводят в дополнение к ионогенным собирателям).

Пенообразователи – поверхностно-активные органические вещества, адсорбирующиеся преимущественно на поверхности раздела жидкость – газ.

Назначение пенообразователей – способствовать образованию в объеме пульпы воздушных пузырьков с определенными свойствами, а на поверхности пульпы – достаточно устойчивого пенного слоя необходимого строения.

Пенообразователи оказывают следующее действие: способствуют диспергированию воздуха во флотационной машине; препятствуют коалесценции воздушных пузырьков; снижают скорость подъема пузырьков воздуха в пульпе (приблизительно в 2 раза), способствуя их лучшей минерализации; увеличивают силу прилипания пузырьков к флотирующимся минеральным частицам; способствуют образованию трехфазной флотационной пены определенных свойств и характера.

Пенообразующая способность реагентов зависит от их природы и концентрации. В ряду нормальных спиртов наибольшим пенообразующим действием обладает октиловый спирт, затем гептиловый и гексиловый; в ряду низших фенолов – крезол, затем ксиленол и фенол. Наиболее сильные пенообразователи из применяемых в практике – ТЭБ и ОПСБ. Чем сильнее пенообразователь, тем меньший его расход требуется для флотации.

Для флотации минерального сырья предложено более двухсот пенообразователей.

По классам химических соединений реагенты-пенообразователи делят на спирты, фенолы, кислоты, эфиры, гетероциклические, кремнийорганические и серосодержащие соединения; в группу "разные" включены используемые в качестве пенообразователей единичные представители других классов органических соединений и реагенты сложного и неуставленного состава (побочные продукты и отходы химических производств, продукты взаимодействия различных органических соединений и т. п.).

Эффективность флотационного применения пенообразователей зависит от pH пульпы. Условно пенообразователи можно разделить на три группы: кислые, обладающие максимальным пенообразующим действием в кислой среде (фенолы); основные, обладающие максимальным пенообразующим действием в щелочной среде (некоторые гетероциклы); нейтральные, пенообразующее действие которых практически не зависит от pH (спирты, эфиры). Практически по масштабам потребления наиболее важны нейтральные пенообразователи.

Кроме того, можно выделить группу реагентов, выполняющих при флотации роль модификаторов пены (используют для изменения устойчивости и структуры пены). В качестве модификаторов пены рекомендуются древесный креозот, синтекс Л, масло Баррет, эмульсол Х-1, эксфоум 636 гидропероксиды.

В общем случае при флотации полиметаллических руд для лучшего разделения необходимо применять слабые пенообразователи при максимально возможном расходе, а при флотации монометаллических руд – сильные пенообразователи, что должно способствовать повышению скорости флотации. Сильные пенообразователи

рекомендуется также применять в случае более грубого рудного измельчения, особенно при использовании углеводородных масел, оказывающих пеногасящее действие.

Хрупкую, сравнительно малоустойчивую пену обеспечивают синтетические спиртовые пенообразователи, в частности, высшие алифатические спирты. Сравнительно устойчивую, но достаточно подвижную пену образует крезол. Наиболее устойчивую пену, в которой удерживается большая часть пустой породы, образуют древесно-смоляные масла.

Регуляторы – флотационные реагенты, применяемые в дополнение к собирателям и пенообразователям для повышения селективности флотации или повышения извлечения минералов. Регуляторами флотации могут быть как неорганические, так и органические вещества.

Для флотации минерального сырья предложено около четырехсот регуляторов.

В определенных условиях один и тот же регулятор может выполнять различные функции.

В зависимости от целевого назначения в процессе флотации в каждом конкретном случае различают регуляторы активирующего, депрессирующего или подавляющего действия и регуляторы среды.

Реагенты-регуляторы применяются для создания условий успешной селективной флотации различных минералов. Они могут непосредственно взаимодействовать с поверхностями минеральных частиц, изменяя их флотационные свойства, т. е. регулировать степень закрепления собирателей на минералах путем изменения их поверхностных свойств до подачи реагентов-собирателей в пульпу. Реагенты-регуляторы могут взаимодействовать с минеральными частицами, уже обработанными собирателем. При этом, вытесняя (десорбируя) с поверхности минералов ионы или молекулы собирателей, они способствуют прекращению флотации.

Определенные реагенты-регуляторы облегчают взаимодействие собирателей с минералами путем изменения ионного состава пульпы, понижая или повышая величину рН среды (добавка кислот и щелочей) и связывая в нерастворимые или комплексные соединения те или иные ионы (образование комплексного цианистого соединения цинка). При флотации некоторых минералов регуляторы могут изменять их флотационные свойства независимо от взаимодействия с реагентами-собирателями путем непосредственного закрепления на минеральных поверхностях и снижения или увеличения гидратации минеральных частиц. Этот эффект в некоторых случаях может резко усилить гидрофобизирующее действие реагентов-собирателей или свести его до минимума.

Ниже рассматриваются основные реагенты этого класса, используемые при обогащении руд цветных металлов включая драгоценные. Многие из них являются

СДЯВ и требуют замены на менее токсичные или снижение их расходов на тонну перерабатываемой руды. Существующие и новые научные разработки НДТ в этом направлении многими обогатительными фабриками не используются, т. к. первоочередной задачей является достижение высоких технико-экономических показателей, а не экологических.

Серная кислота ( $H_2SO_4$ ) – растворитель медных минералов в процессе обогащения упорных окисленных медных руд методом кучного выщелачивания, применяется также в качестве регулятора рН среды при флотации пирита, гематита, магнетита, хромита и др.

Известь негашеная ( $CaO$ ), гашеная ( $Ca(OH)_2$ ) – регулятор рН среды при флотации борнита, ковеллина, киновари, самородной меди, аргентита, пирита, сфалерита, халькопирита. Кроме того, она подавляет флотацию золота, серебра и его сульфидов, магнетита, галенита и арсенопирита.

Сода ( $Na_2CO_3$ ) – регулятор рН среды при флотации различных минералов: галенита, молибденита, пирита, платины, кобальтина, урановых карнатитов, киновари и др.; оказывает активирующее действие на флотируемость пирита, пирохлора и окислов железа.

Медный купорос ( $CuSO_4$ ) – активатор флотации цинковой обманки при флотации практически всех цинксодержащих руд; в некоторых случаях медный купорос проявляет активирующее действие и на другие минералы (галенит, халькопирит, пирит и арсенопирит).

Цинковый купорос ( $ZnSO_4$ ) – подавитель флотации цинковой обманки в определенном соотношении с цианидом, сернистым натрием или самостоятельно.

Железный купорос ( $FeSO_4$ ) оказывает депрессирующее действие на флотируемость галенита, барита, вольфрамита. Рекомендуются добавки  $FeSO_4$  в медную флотацию при обогащении полиметаллических руд по схеме прямой селективной флотации. В сочетании с сульфитом натрия в сернокислой среде (рН 5,6-5,8) подавляет галенит.

Бихроматы калия и натрия (хромпик)  $K_2Cr_2O_7$  - применяются в качестве реагентов-подавителей при флотации полиметаллических руд, депрессируя галенит, пирит, англезит и барит. Для подавления флотационных свойств барита предпочтительно применение бихромата натрия, для депрессии свинцовых минералов обычно используется бихромат калия. Будучи негигроскопичным, бихромат натрия более удобен в работе.

Жидкое стекло ( $Na_2O_m \cdot SiO_2$ ,  $m=1-4,5$ ) применяется при флотации в качестве депрессора кварца и силикатов при мыльной флотации, для подавления флотации глинистых и других минералов пустой породы при флотации сульфидных и

окисленных, поли- и монометаллических руд, для селективного разделения близких по флотационным свойствам несulfидных минералов – кальцита и флюорита, кальцита и шеелита и др. Для повышения избирательности действия применяют большие расходы жидкого стекла (до 15 кг/т) при повышенной температуре пульпы (60-80 °С) и длительном времени воздействия (30-60 мин) - пропарка с жидким стеклом. Небольшое количество жидкого стекла активирует флотацию апатита, флюорита и даже малахита и церуссита при флотации последних изоамиловым ксантогенатом.

Кремнефтористый натрий ( $\text{Na}_2\text{SiOF}_6$ ) применяется при флотации титановых руд и флотационной доводке гравитационных рутиловых концентратов. При обработке кремнефтористым натрием коллективного рутило-ильменито-цирконового гравитационного концентрата депрессируется циркон и флотируются рутил и ильменит. Добавление кремнефтористого натрия в перечистные операции позволяет получать титановые концентраты с минимальным содержанием кремнезема, фосфора и других вредных примесей. Кремнефтористый натрий при обогащении касситеритовых шламов подавляет турмалин и пироклор (рН-6) при флотации пироклор-цирконового комплекса алкилсульфатами, активирует пирит и золото. В некоторых случаях целесообразно применять кремнефтористый натрий совместно с жидким стеклом, например, для десорбции жирных кислот с минеральных поверхностей или при пропарке, что позволяет не только улучшить последующее селективное разделение коллективного концентрата, но и значительно снизить расход силиката натрия.

Крахмал применяется при разделении коллективных медно-молибденовых концентратов как подавитель флотации молибденита, окислов железа в процессе обратной флотации железных руд, для подавления флотации графита при флотации сульфидных минералов. Применяется крахмал при селективной флотации галенита для депрессии халькопирита и сфалерита как не активированного, так и активированного медным купоросом при рН 8–8,5. Учитывая, что крахмал является пищевым продуктом и сравнительно дорог, его можно заменить дешевыми крахмалсодержащими продуктами - отходами мукомольного производства и картофельной мезгой – отходом крахмало-паточного производства.

Декстрин применяется при флотации золота в качестве подавителя флотации углистой породы, а также для депрессии вторичных силикатов - талька или серицита. Декстрины избирательно подавляют флотацию барита при отделении его от флюорита с применением олеиновой кислоты.

Карбоксиметилцеллюлоза является хорошим подавителем флотации талька, флотоактивных силикатов и других минералов пустой породы. В то же время даже при весьма значительных расходах (до 4000 г/т) она не подавляет сульфидные минералы – галенит, сфалерит и халькопирит. Карбоксиметилцеллюлоза применяется при флотации медно-никелевых руд.

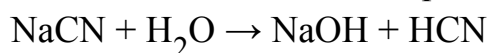
Сернистый натрий ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) – относится к СДЯВ, пожаро-, взрывобезопасен, токсичен, хорошо растворим в воде, при соприкосновении с кислотами выделяет сероводород. Предельно допустимая концентрация сернистого натрия в воздухе рабочей зоны - 0,2 мг/м. Класс опасности - 2 (вещества высокоопасные). В воздушной среде и сточных водах в присутствии кислот сернистый натрий выделяет сероводород – горючий взрывоопасный газ. Предельно допустимая концентрация сероводорода в воздухе рабочей зоны - 10 мг/м. Класс опасности – 2.

Как флотореагент сернистый натрий – разносторонне действующий реагент-регулятор. Применяется при флотации окисленных или окисленных с поверхности сульфидных минералов тяжелых металлов в качестве сульфидизирующего реагента-активатора флотации или как подавитель (депрессор) флотации сульфидных минералов. Сернистый натрий обычно используется при селективной флотации полиметаллических руд, при разделении коллективных концентратов, например, медно-молибденовых. При селекции медно-молибденовых концентратов используется сернистый натрий как депрессор медных минералов и расход которого достигает до 2,5 кг на тонну коллективного концентрата. Тогда как расход сернистого натрия для сульфидизации в основной флотации составляет от 100–200 г на тонну руды.

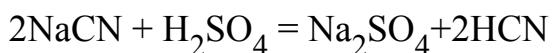
Для снижения расхода сернистого натрия при селективной флотации в качестве НДТ используется пропарка коллективного концентрата с целью десорбции собирателя с медных минералов и процесс депрессии идет при пониженных расходах сернистого натрия.

Цианистый натрий (цианид) ( $\text{NaCN}$ ) применяется при селективной флотации полиметаллических руд как подавитель флотации цинковой обманки, пирита, некоторых медных сульфидов, минералов серебра, ртути, кадмия и никеля. Небольшие количества цианида легко подавляют флотацию минералов цинка, палладия, никеля, золота и железа. Повышенные расходы необходимы для депрессии минералов меди, ртути. Присутствие цианидов в пульпе не влияет на флотационную способность минералов свинца, висмута, олова и мышьяка. Ранее на отечественных фабриках для депрессии цинковой обманки применяли сочетание цианида с цинковым купоросом. В настоящее время распространены бесцианидные методы селекции.

Кроме флотации цианиды применяются для извлечения золота из руд и различных золотосодержащих продуктов методом цианирования. При работе с цианидами (цианистый калий, цианистый натрий) необходимо помнить, что эти вещества являются сильнейшими ядами. Обладая гигроскопичностью, эти соединения разлагаются с выделением цианистого водорода, являющегося сильнейшим ядом:



Отравление цианистым водородом представляет главную опасность при работе с цианидами. Ядовитые пары также выделяют водные растворы цианидов. Особенно бурное выделение синильной кислоты происходит под действием кислот:



Отравления цианидами могут происходить вследствие вдыхания пыли, образующейся при хранении, разгрузке и загрузке цианидов в растворные чаны, попадания этих веществ в желудок при приеме пищи, а также через кожу, если на ней есть ссадины и ранки. Предельно допустимая концентрация цианистых соединений в воздухе при расчете на цианистый водород - 0,0003 мг/л. Проникновение в организм уже 0,1 г цианистых соединений вызывает смертельный исход. Научные исследования по разработке безцианидного выщелачивания для золотосодержащих руд как НДТ зачастую не используются предприятиями ввиду достижения высокого извлечения при использовании традиционной технологии. В мировой практике используются методы выщелачивания золота такие как бактериальное, автоклавное и подземное методы выщелачивания.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в атмосферу токсичных и ядовитых веществ. Повышение технико-экономических показателей флотации, комплексности использования минерального сырья и эффективность охраны окружающей среды.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Степень совершенства флотационного процесса определяется качеством концентратов, извлечением в них полезных компонентов и степенью комплексности использования сырья. К этим показателям обоснованно добавилось отсутствие загрязнения окружающей среды.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Эффективное разделение, избирательность.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Действие самих реагентов поддается регулированию. Эти обстоятельства наряду с возможностью обогащения тонковкрапленных руд, требующих весьма тонкого помола, быстро выдвинули флотацию на передовые рубежи обогатительной техники и сделали ее ведущим методом обогащения, особенно важным для руд цветных и редких металлов. К примеру, диметилфталат (реагент Д-3) – сложный эфир фталевой кислоты нетоксичен, заменяет токсичный крезол. Применяют при флотации полиметаллических медьсодержащих руд.

#### **Экономика**

Экономически доступный, стабильный, высокопроизводительный метод.

#### **Движущая сила для осуществления**

Требования экологического законодательства.

#### **5.3.2.4. Методы при обезвоживании концентратов**

##### **5.3.2.4.1. Сгущение высокоскоростным осаждением пульпы**

###### **Описание**

При всем многообразии конструктивных исполнений и названий радиальных сгустителей, условно выделяют три типа. Первый тип – традиционный сгуститель-отстойник. Характеризуется – ламинарной картиной потоков внутри аппарата, невысокой удельной производительностью. Вследствие малой величины отношения высоты к диаметру в этих аппаратах (0,05–0,25), а также малого угла наклона днища (0–88) в них сложно выдержать запас концентрата необходимый для достижения высоких степеней сгущения. Второй тип – скоростные или, так называемые, – "высокопроизводительные". Отличительной особенностью сгустителей данного типа является более высокое значение отношения высоты к диаметру аппарата (0,5–0,7), увеличенный угол наклона днища (до 308), заглубленный в переходную зону между уплотненным концентратом и зоной слива питающий колодец, конструкция граблин, позволяющая надежно эвакуировать уплотненный концентрат. Гидродинамическая картина внутри аппарата характеризуется более сложной картиной по сравнению с аппаратами первого типа и определяется конструктивными параметрами аппарата, объемом подачи питания и разгрузки, запасом концентрата внутри аппарата.

Скоростные радиальные сгустители предназначены для разделения суспензий в горнодобывающей, металлургической, химической промышленности, системах водоочистки. В отличие от традиционных конструкций промышленных сгустителей, которые характеризует невысокая удельная производительность, скоростные обеспечивают высокую скорость и степень сгущения осадка.

###### **Техническое описание**

При разработке методики расчета и создания скоростных сгустителей учитываются особенности конкретного производственного процесса и свойства используемых в процессах сгущения флокулянтов и коагулянтов. Проведение на стадии проектирования радиальных отстойников лабораторных исследований и пилотных испытаний обеспечивает хорошую сходимость расчетных и промышленных результатов.

Основные особенности скоростного радиального сгустителя:

специальная система подачи флокулянта и саморазбавления питания;

высокий уклон днища;

высокое значение соотношения высоты к диаметру радиального сгустителя;

увеличенный слой осадка (зона накопления концентрата);

специальная конструкция граблин и узла выпуска концентрата для получения и транспортирования сгущенного продукта.

Преимущества:



увеличенная до четырех раз, в сравнении с обычными радиальными сгустителями, удельная производительность;  
низкое потребление флокулянтов;  
высокое содержание твердой фазы в разгружаемом продукте;  
улучшенное осветление.

Как следствие, снижается металлоемкость радиального сгустителя и требуются меньшие производственные площади при установке в месте эксплуатации.

Разработанные конструкции скоростных сгустителей обеспечивают устойчивую работу радиального отстойника в широком диапазоне изменения входных параметров, что позволяет максимально упростить схему автоматизированного управления сгустителем.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Повышение уровня экологической безопасности производства. Сокращение эмиссий.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Меньшие затраты энергии, что в свою очередь приводит к сокращению эксплуатационных затрат в сочетании с положительным экологическим эффектом.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Стабилизация параметров, повышение удельной производительности.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо. С учетом особенностей конкретного производственного процесса и свойств флокулянтов и коагулянтов.

#### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

#### **Движущая сила внедрения**

Увеличение производительности.

### **5.3.2.4.2. Использование эффективных флокулянтов**

#### **Описание**

Серия реагентов для разделения твердой и жидкой фаз включает в себя флокулянты, коагулянты и добавки для фильтрации. Эти продукты имеют широкий спектр применения, включающий сгущение, осветление, фильтрация и центрифугирование.

#### **Техническое описание**

На мелких частицах обычно присутствует отрицательный поверхностный заряд, который препятствует слипанию и оседанию. Вещества-коагулянты могут прикрепиться к частицам и уравновесить действие зарядов. Появление зарядов противоположного знака позволяет частицам при столкновении образовывать стабильные и хорошо уравновешенные в жидкости хлопья субмикронного размера. Для флокуляции нужно осторожное перемешивание (сгущение) и использование полимерного флокулянта с большим молекулярным весом. Флокулянт прикрепляется к

субмикронным хлопьям и способствует заполнению промежутков между ними. При приближении частиц друг к другу начинают действовать силы Ван-дер-Ваальса. Они снижают энергетический барьер флокуляции, после чего начинается образование рыхлых хлопьев. Слипание, связывание и повышение прочности хлопьев происходит до тех пор, пока не образуются заметные невооруженным глазом макрохлопья. При их достаточном весе, размере и прочности происходит осаждение. Макрохлопья очень чувствительны к перемешиванию. Повторное образование макрохлопьев после разрушения под действием внешней силы почти невозможно [47].

По составу флокулянты можно разделить на две большие группы – органическую и неорганическую. В основном используют органические, из неорганических – только кремниевую кислоту.

По происхождению органические делятся на природные и синтетические. Последние токсичнее, но дешевле.

По наличию заряда природные и синтетические реагенты бывают ионные и неионные. У неионных флокулянтов нет заряда, и они подходят для очистки воды с незаряженными частицами. Реагенты с электрическим зарядом – ионные – взаимодействуют с заряженными частицами.

По знаку заряда ионный флокулянт может быть:

анионный – отрицательно заряженный. Взаимодействует с неорганическими соединениями;

катионный – положительно заряженный. Подходит для очистки воды от органических взвесей;

амфотерный – проявляющий катионные, анионные или нейтральные свойства в зависимости от pH жидкости: в кислотной среде ведет себя как катионный, в щелочной – как анионный, в равновесной – как неионный.

ПРИРОДНЫЕ			
Неионные	Ионные		
	Анионные	Катионные	Амфотерные
Крахмал, гуаровые смолы	Карбокси-метилцеллюлоза, альгинат натрия	Хитозан, целлюлоза	Белковые соединения: желатин, казеин

СИНТЕТИЧЕСКИЕ			
Неионные	Ионные		
	Анионные	Катионные	Амфотерные
Полиэтиленоксид	Акрилаты, метакрилаты	Полиамины	Полиакриламид

## Рисунок 5.6. Классификация ионных флокулянтов

При обогащении цветных металлов возникает много вызовов и сложностей, связанными с потреблением воды и влиянием на окружающую среду. К подобным вызовам относятся необходимость сокращения потребления реагентов и повышения извлечения минералов за счет повышения скорости и степени разделения твердой и жидкой фаз на пердеделе сгущения. Серия новых флокулянтов позволяет достичь более высокую плотность и прочность флокул по сравнению с обычными флокулянтами для различных типов руд. Изменение структуры флокул обеспечивает более быструю консолидацию, высокую плотность и низкий предел текучести сгущенного продукта. Обычные флокулянты чувствительны к колебаниям содержания твердого в пульпе и применяемого усилия сдвига, что может ограничить производительность процесса за счет чрезмерного возрастания крутящего момента привода сгустителя. Серия новых флокулянтов обеспечивает более низкий предел текучести сгущенного продукта, что приводит к более стабильной работе сгустителя в широком диапазоне рабочих параметров.

К примеру, флокулянт Besfloc – продукция южнокорейской компании "Kolon Life Science, Inc", очень хорошо известная во всем мире. Стоит отметить, что процесс флокуляции, который должен начаться вслед за процессом коагуляции, потребует очень малого количества химических реагентов (0,01– 0,5 мг/л), способен в значительной степени максимизировать захват частиц, интенсифицируя образование хлопьев, делая их более плотным и тяжелыми, и, соответственно, быстро осаждаемыми. Использование полимеров позволяет ограничивать дозировку коагулянтов, необходимых для дестабилизации коллоидных масс.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Ускорение процесса очистки и повышение качества.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В процессе флокуляции вода осветляется, обеззараживается и избавляется от сторонних запахов, которые нехарактерны для этой жидкости и образовывались в ней за счет содержания различных включений.

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение надежности работы и пропускной способности очистных сооружений.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Один из наиболее эффективных физико-химических методов очистки промышленных сточных вод с применением коагулянтов и высокомолекулярных флокулянтов позволяет удалять до 97–98 % коллоидных и высокодисперсных примесей, таких как органические вещества, тяжелые металлы.

### **Экономика**

Экономически доступный, стабильный, высокопроизводительный метод.

## **Движущая сила для осуществления**

Требования экологического законодательства, в части уменьшения эмиссий в окружающую среду.

### **5.3.2.4.3. Использование фильтров максимального обезвоживания в целях исключения сушки (керам-фильтры, пресс-фильтры)**

#### **Описание**

Обезвоживание флотационного концентрата – процесс отделения жидкой фазы (воды и жидких реагентов) от полученных продуктов переработки руд.

В зависимости от заданной степени удаления влаги для обезвоживания применяют сгущение, фильтрование и сушку. В результате обезвоживания получают обезвоженный материал с влажностью при сгущении 40-60 %, при фильтровании 7-15 % (иногда до 25 %), при сушке 0,5-7 %.

#### **Техническое описание**

Фильтрационное обезвоживание применяется при обогащении руд цветных металлов прошедших гравитационное и флотационное обогащение в водной среде. Фильтрация является промежуточной стадией обезвоживания после сгущения и последующей сушкой концентрата. Флотационные концентраты цветных металлов поступают на металлургическую плавку с минимальной влажностью (до 8 %), а при транспортировке с влажностью не смерзания.

Сгущенный флотационный концентрат, полученный на обогатительных фабриках, в значительной степени обводнен (до 60 % твердого) и в таком виде непригоден для дальнейшего металлургического передела или транспортировки. Поэтому все концентраты подвергаются дальнейшему обезвоживанию. Также проводят обезвоживание отходов обогащения - (хвостов) в основном с целью выделения из них воды для оборотного водоснабжения либо для сухого складирования отходов.

Для фильтрационного обезвоживания концентратов цветных металлов могут быть использованы фильтр-прессы или вакуум-фильтры.

В результате фильтрационного обезвоживания концентрата получают обезвоженный материал с влажностью 7-30 %. На фильтр-прессах 7-10 %, на вакуум-фильтрах 14-30 %.

На процесс обезвоживания флотационных концентратов оказывают влияние свойства поверхности метал-содержащих минералов, их минералогический и гранулометрический состав, содержание твердого компонента в исходной пульпе, плотность твердой фазы, рН среды, температура пульпы и другие факторы. Важное значение для обезвоживания имеют требования к содержанию твердого компонента в обезвоженных продуктах (осадке) и осветленной воде (фильтрате). Влагу в продуктах обогащения руды в зависимости от энергии ее связи с поверхностью минерала подразделяют на гигроскопическую, удерживаемую за счет адсорбционных сил; пленочную, связанную с поверхностью силами молярного притяжения; капиллярную,

которая заполняет поры между частицами минерала и удерживается капиллярными силами; гравитационную, заполняющую все промежутки между частицами. При обезвоживании удаляется обычно гравитационная и капиллярная влага. При термической сушке возможно удаление всей влаги.

Тонко измельченные руды позволяют значительно повысить эффективность переработки и извлечения цветных металлов. Перед фильтрованием минеральные продукты предварительно обезвоживают сгущением. После фильтрования требуемая влажность продукта достигается также термической сушкой. Для интенсификации процессов обезвоживания на стадии сгущения используется флокуляция и коагуляция тонкодисперсных продуктов. Для медного концентрата применяют реагенты – флокулянты (обычно ПАА) или коагулянты (соли поливалентных металлов, известь и др). Некоторые флотационные реагенты, флокулянты и коагулянты могут негативно влиять на процесс фильтрационного обезвоживания. Это прежде всего вызывает повышенный расход электроэнергии. Так на фильтр-прессах требуется применять более высокое давление фильтрования, более высокое давление прессования и продувки, повышать расход воздуха продувки. Грамотный выбор современных высокоэффективных реагентов позволяет уменьшить энергозатраты и решить эти проблемы.

Для обезвоживания концентратов в цветной металлургии в основном применяются вакуумные дисковые фильтры и фильтр-прессы – горизонтальные и вертикальные (башенные).

Ранее и в настоящее время обогатительные фабрики использовали для фильтрации и очистки воды от концентрата использовали дисковые вакуум фильтры типа ДОО, в которых использовались диски обернутые в фильтроткань. Дисковые вакуум фильтры предназначены для разделения суспензий с относительно однородным составом и медленно осаждающимися частицами твердой фазы. Эти фильтры обладают развитой фильтрующей поверхностью и состоят из горизонтально расположенного вала, на котором закреплены диски 1, частично погруженные в ванну 2 с разделяемой суспензией. Каждый диск состоит из обтянутых фильтровальной тканью полых секторов, имеющих с обеих сторон перфорированную поверхность. Цикл работы сектора диска состоит из: зона фильтрации: при вращении рабочего вала фильтрующий элемент погружается в суспензию. Под воздействием вакуума и капиллярного эффекта керамической лопатки на ее поверхности образуется отфильтрованный осадок. Фильтрат через керамическую лопатку, коллекторную систему и вакуумметрическую систему поступает в дренажную емкость; зона промывки осадка: фильтрующий элемент с отфильтрованным осадком выходит из суспензии и промывается распылением технологической жидкостью посредством форсунок; зона сушки осадка: дальнейшее непрерывное обезвоживание фильтровального осадка проводится под действием высокого вакуумного разряжения; зона выгрузки осадка: скребок снимает

подсушенный осадок с лопатки; зона регенерации фильтрующего элемента: после скребка техническая вода с воздухом из воздушной магистрали, образуя водо-воздушную смесь, поступает в керамические пластины через коллекторную систему и промывает забитые поры обратной продувкой.

Сектор дискового вакуум фильтра состоит из двух дек, отлитых из алюминиевого сплава, соединенных между собой болтами. Между сектором и ячейковым валом расположена ловушка для улавливания влаги, вытесняемой обратно в осадок при отдувке его сжатым воздухом. У подобного типа устройств существуют такие недостатки как: не большое живое сечение сектора до 40 %; большая масса металлических секторов с перфорированной декой (достигает 22 кг); замена фильтроткани на таких секторах требует больших затрат ручного труда.

Главной проблемой этого фильтра является повышенный износ и недолговечность фильтроткани, которой обтянуты сектора дисков.

Поэтому актуальной задачей является: создание минимального гидроаэродинамического сопротивления водо-воздушной смеси в тракте диска от фильтрующей перегородки до вакуумной системы.

В настоящее время используются секторные элементы из керамических материалов. Такая конструкция сектора диска вакуум фильтра обеспечивает:

создание почти абсолютного вакуума в системе, что позволяет получать очень сухой кек, не требующий последующей сушки;

очень чистый фильтрат, практически не имеющий твердых частиц;

уменьшение энергозатрат;

отсутствие фильтроткани;

долгий срок службы пластин (от одного года и более);

минимальное количество дорогостоящего оборудования (компрессоры, насосы, запорные клапаны, фильтроткань и т.п.);

при необходимости возможна промывка кека водой.

Диски пористого керамического фильтра собраны из плоских пористых пластин, которые имеют первичные и вторичные дистанционные элементы соответственно, каналы, сливное отверстие и отверстия.

Пористые керамические пластины служат для удержания на фильтрующей поверхности твердого осадка (кека) и поступления фильтрата через капилляры в каналы. Первичные дистанционные элементы 3 расположены по периметру пористого керамического фильтра, определяют его геометрическую форму и заданные размеры.

Вторичные дистанционные элементы формируют разветвленную форму и величину каналов и имеют в сечении форму известных плоских геометрических фигур. Сливное отверстие предназначено для вывода фильтрата в режиме фильтрации и ввода

регенерирующей жидкости на этапе регенерации плоских, пористых керамических пластин. Отверстия предназначены для крепления пористого керамического фильтра на диске вакуумно-сушильного устройства.

Пористый керамический фильтр через отверстия крепится на диск вакуумно-сушильного устройства и через выходное отверстие соединен с пустотелым валом. При вращении вала фильтрующей установки пористый керамический фильтр погружается в резервуар для вещества, которое необходимо отфильтровать. В результате отсоса через пустотелый вал происходит процесс фильтрации через плоские пористые пластины. Фильтрат собирается в каналах и выводится через сливное отверстие в пустотелый вал.

Секторный элемент диска керамического фильтра содержит плоские пористые пластины, первичные и вторичные дистанционные элементы соответственно, периферийные вторичные дистанционные элементы, горизонтальную перегородку, каналы, сливное отверстие, монтажное отверстие. Первичные и вторичные дистанционные элементы образуют совместно с каналами и сливными отверстиями единое полое пространство и соединены в блок.

Плоские пористые керамические пластины предназначены для удержания на фильтрующей поверхности твердого осадка (кека) и поступления фильтрата через проницаемую пористость в каналы. Первичные дистанционные элементы расположены по периметру секторного элемента и определяют его геометрическую форму, заданные размеры и связывают в единый пустотелый блок пористые керамические пластины. Вторичные дистанционные элементы формируют разветвленную форму и величину каналов. Периферийные вторичные дистанционные элементы придают жесткость первичным дистанционным элементам и усиливают прочность на разрыв плоских пористых пластин в местах сопряжения с первичными дистанционными элементами.

Горизонтальная перегородка усиливает общую конструкционную прочность секторного элемента и позволяет сформировать плоскость сечения в каждый пустотелый объем, определяющую скорость выхода фильтрата и ввода регенерирующей жидкости из выходного отверстия.

Секторный элемент диска содержит пустотелый блок, включающий внутренние элементы, которые расположены рядами со смещением по дугам концентрических окружностей с образованием пустотелого объема, и боковые стенки. Пустотелый блок выполнен из пористой керамики с радиусами  $R$  и  $r$  линий сопряжения в верхней и нижней частях секторного элемента соответственно. Кроме того, сектор содержит выходной патрубок, соединение которого с пустотелым блоком осуществлено резьбовым соединением с герметичным уплотнителем.

Расположение внутренних элементов смещенными рядами по дугам концентрических окружностей придает поверхности фильтрации волновую форму, что интенсифицирует процесс набора кека и его равномерность распределения.

На рисунке 5.7 линиями обозначена распределение потоков суспензии в карманах, которые показывают, что за счет снижения диаметра патрубков обеспечивается равномерную подачу суспензии во всех карманах и во всем из объеме.

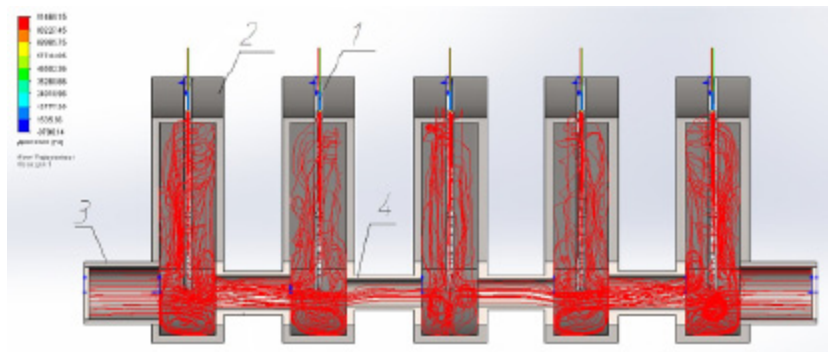


Рисунок 5.7. Схема распределения потоков в рабочей зоне вакуум фильтра

К примеру, керамические фильтрующие элементы "Секбор" применяются для фильтрации концентратов, фильтрации шламов и хвостов, организации локальных систем замкнутых водооборотов.

Фильтрующие элементы "Секбор" применяются на керамических дисковых вакуумных фильтрах производства России, Финляндии и Китая на оборудовании следующих марок: КДФ, ВДФК, СС, ТТ, ТС, КС, НТГ, СЕС.

При вращении диска, когда фильтрующие элементы входят в пульпу, жидкая фаза под действием вакуума просачивается через поры фильтрующих элементов и удаляется в ресивер. Одновременно на поверхности фильтрующих элементов начинается образование кека, при этом ни твердые частицы, ни воздух сквозь поры фильтрующих элементов не проходят.



Рисунок 5.8. Керамический дисковый вакуумный фильтр



Керамические дисковые вакуумные фильтры представляют собой современную модель высокоэффективного фильтровального оборудования. Разделение суспензии на твердую и жидкую фазы происходит при одновременном воздействии вакуума и капиллярного эффекта керамической лопатки. Имеет высокий КПД, что способствует увеличению производительности и интенсивности эксплуатации. Отсутствие фильтровальной ткани дает возможность использовать более глубокий вакуум и как результат получать более сухой осадок. Использование керамического фильтра той же поверхности фильтрования, что и обычный дисковый позволяет экономить до 85 % электроэнергии. Наличие маленьких микропор, позволяет получать более чистый фильтрат, как правило 21 мг/л. Фильтры объединяют в своей конструкции преимущества керамических патронных фильтров и дисковых вакуум-фильтров, что в комплексе с регенерацией фильтровальной перегородки, путем обратной продувки водо-воздушной смесью, кислотной и ультразвуковой очисткой позволяет получить полностью автоматизированный процесс тонкой фильтрации.

Замена на новые фильтры позволяет повысить производительность участка фильтрования примерно на 13–15 процентов за счет увеличения площади фильтрации с 45 до 85 квадратных метров. Оборудование представляет собой керамический дисковый вакуум-фильтр длиной 8,2 метра, шириной 2,5 и высотой 3,3 метра. Масса одного фильтра – 19,5 тонны.

В настоящее время все большее распространение получает фильтрация под давлением с помощью фильтр-прессов, позволяющая наиболее полно удалять влагу из пульпы без применения термических методов. На горизонтальных фильтр-прессах используются фильтровальные салфетки. На вертикальных (башенных) фильтр-прессах используются фильтровальные полотна.

В ходе модернизации и внедрения новой технологии на обогатительных фабриках цветных металлов происходит постепенная замена старых вакуумных дисковых фильтров на более современные пресс-фильтры, к примеру компании "Larox". Фильтровальная ткань - один из важнейших элементов системы, который всегда тщательно подбирается под условия конкретного производства.

Правильно подобранная ткань: материал, пропускная способность и так далее - позволяет получить запланированную производительность и качество продукции. Ее выбор зависит от физико-химических свойств пульпы (рН, температура, плотность), от размера частиц, от особенностей поведения обезвоженного минерала, будь то медный концентрат, цинковый концентрат, и так далее. Несколько лет назад на всех фильтр-прессах использовали полипропиленовые решения. Однако на оборудовании больших размеров такая фильтровальная ткань ходит всего 1,5–2,5 тыс. циклов, то есть возникает необходимость регулярной остановки оборудования и замены ткани. Альтернативой стали полиамидные фильтровальные ткани, которые обеспечивают от 12 до 22 тыс. циклов.

В настоящее время все производители фильтр-прессов сосредоточены на разработке машин, которые полностью автоматизированы и могут взаимодействовать с заводской сетью, не полагаясь на присутствие человека, за исключением случаев, когда это строго необходимо.

Фильтр-прессы для обезвоживания концентратов руд цветных металлов – это сверхмощные машины, которые не могут останавливаться по непредвиденным причинам или выходить из строя во время обычных операций, поэтому производители внедряют предиктивное обслуживание и автоматизированную самопроверку критических элементов машин, одновременно пытаясь оптимизировать общие CAPEX и OPEX оборудования. Снижение влажности при фильтрации является основной целью обезвоживания для исключения экологически вредного процесса сушки и достигается в основном за счет замены на фильтры новейшей конструкции.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снятие нагрузки на окружающую среду, большая эффективность вывода шлама.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Повышение производительности передела флотации, продление срока эксплуатации предприятия без значительных капитальных затрат.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Высокая удельная производительность, низкое энергопотребление.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. Возможность замкнуть водношламовую схему обогатительной фабрики за счет эффективного обезвоживания шламов.

#### **Экономика**

Экономически доступный, высокопроизводительный метод.

#### **Движущая сила для осуществления**

Повышение эффективности и качества выпускаемой продукции.

### **5.3.2.5 Контроль качества гидроизоляции основания штабеля при кучном выщелачивании методом трехмерной электротомографии**

#### **Описание**

Геомембрана (или полимерный лист) – это синтетический гидроизоляционный материал, изготовленный из специальных сортов полиэтилена. Например, при добыче золота, кучным выщелачиванием они укладываются под основание рудных штабелей и служат в качестве подстилающей подушки, препятствующей просачиванию золотосодержащего раствора в грунт. Во время гидроизоляционных работ геомембрану расстилают на нужном участке, а швы соседних листов свариваются специальными аппаратами для термосплавки полимерных покрытий. Таким образом, вся поверхность становится единым водонепроницаемым полотном.

Основными проблемами при кучном выщелачивании (КВ) являются образование канальной фильтрации, кольтатация и нарушение гидроизоляции в основании рудного

штабеля. Образование сквозных каналов фильтрации выщелачивающих растворов в штабеле приводит к недоизвлечению металла, так как при этом возникают обширные участки непроработанной руды.

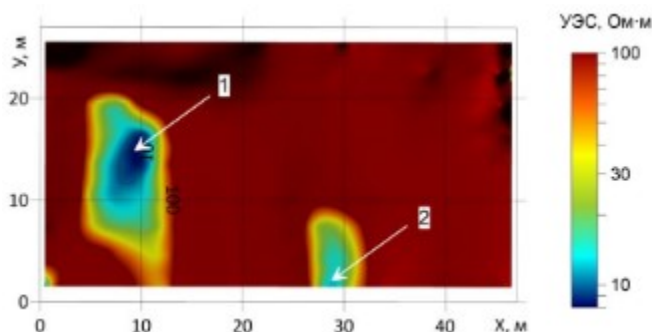
### Техническое описание

Нарушение гидроизоляции при монтаже штабеля также является причиной неконтролируемой утечки растворов металлов, приводящей к потере продукции и осложнению экологической обстановки.

Задачи геотехнического контроля утечек решаются методом трехмерной электротомографии. В местах нарушения гидроизоляции будет наблюдаться прохождение электрического тока через пленку и образование аномалий низкого электрического сопротивления.

Работы по контролю качества гидроизоляции в основании рудного штабеля проводились на одном из предприятий в Кемеровской области, где производится выщелачивание меди из отходов пиromеталлургического производства. Подобные технологии успешно применяют на протяжении более 10 лет в США на объектах кучного и подземного выщелачивания.

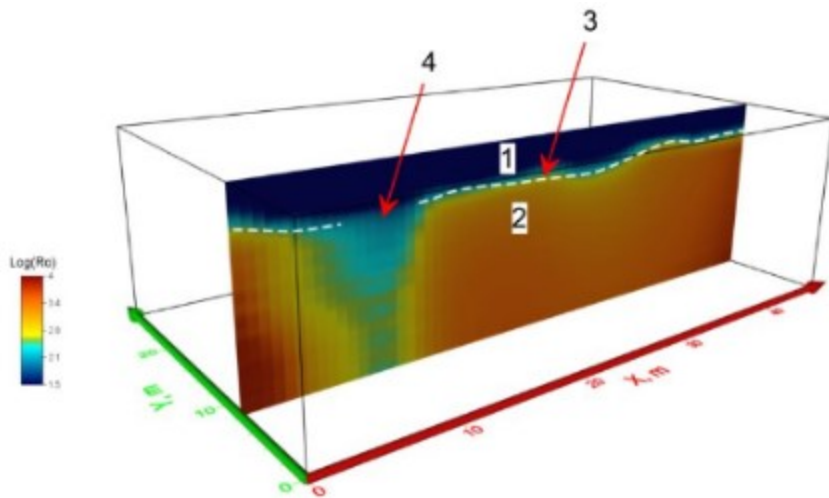
На рисунке 5.9 представлена карта удельно-электрического сопротивления (УЭС), на которой выделено две аномалии низкого УЭС, связанные с нарушением гидроизоляции. В результате исследований были вскрыты места повреждения пленки и восстановлена гидроизоляция. Это позволило избежать утечек растворов впоследствии.



1, 2 – аномалии УЭС, связанные с нарушением гидроизоляции

Рисунок 5.9. Карта удельно-электрического сопротивления на площадке КВ

На рисунке 5.10 показан разрез удельно-электрического сопротивления грунтов через место утечки. Хорошо заметно, что на разрезе в месте нарушения гидроизоляции формируется аномалия низкого электрического сопротивления. Это является диагностическим признаком при выявлении участков нарушения гидроизоляции в основании штабелей кучного выщелачивания.



1 – защитный слой; 2 – грунты основания; 3 – уровень пленки; 4 – место нарушения гидроизоляции

Рисунок 5.10. Разрез электросопротивления грунтов через площадку КВ

### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей. Долговременная защита почвы и грунтовых вод от проникновения загрязняющих токсичных веществ.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Выявление блоков непроработанной руды; выявление утечек через пленку гидроизоляции в основании рудного штабеля.

Высокие эксплуатационные характеристики: прочность, устойчивость к механическим нагрузкам, к перепадам температур внешней среды.

### **Кросс-медиа эффекты**

Финансовые затраты. Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

К сферам применения кучного выщелачивания относится обработка, как горной массы, так и измельченной руды, при этом используются постоянно работающие и прерывающиеся (динамические) системы.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Небольшие капитальные вложения.

### **Движущая сила внедрения**

Требование законодательства. Предотвращение воздействия на экосистемы (подземные воды, недра).

## **5.3.2.6. Биологическое выщелачивание**

### **Описание**

Бактериальное выщелачивание основано на разложении сульфидов специальными бактериями. После бактериального вскрытия сульфидов золото значительно легче извлекается цианированием.

### **Техническое описание**

Бактериальное выщелачивание может быть организовано для первичных руд и для концентратов.

В первом случае бактериальное выщелачивание аналогично кучному выщелачиванию. Отличие заключается в том, что рудный штабель сначала обрабатывают раствором, содержащим бактерии, а потом уже цианидом. Бактериальное выщелачивание руды в опытном порядке применяется в районах с теплым климатом (штат Невада, США, Австралия), так как при низкой температуре бактерии погибают.

Более широкое применение имеет чановое бактериальное выщелачивание концентратов. Руду сначала перерабатывают на обычной золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ): измельчают, обогащают и получают золотосодержащий сульфидный концентрат, используя, например, флотацию. Бактериальной обработке подвергается только концентрат. Биовыщелачивание производят в специальных емкостях (чанах). После разложения сульфидов и специальной обработке извлечение золота из концентрата обычно производят цианированием. Поддерживать условия для активной жизнедеятельности бактерий в ограниченных емкостях значительно проще, чем на открытых площадках, поэтому чановое бактериальное выщелачивание в настоящее время используют довольно широко в разных странах (ЮАР, Австралия, Китай, Россия, Казахстан, Бразилия и др.).

В Казахстане одним из примеров предприятий применяющее технологию чанового бактериального выщелачивания (биовыщелачивание) является предприятие АО "ФИК Алел".

В бактериальном выщелачивании сульфидосодержащих минералов используют тионовые хемолитотрофные бактерии. Единственным источником энергии является процесс окисления неорганических веществ – двухвалентного железа, сульфидной и элементной серы, а также сульфидных минералов. Разрушение этих субстанций происходит во взаимодействии бактерий с сульфидными минералами и под действием ионов трехвалентного железа, которые в кислой среде обладают сильными окислительными свойствами по отношению к сульфидам. В результате данных окислительных процессов происходит переход ценных металлов в технологический раствор.

В России с 2002 действует первая промышленная установка чанового биологического выщелачивания по переработке золотомышьяковых руд Олимпиадинского месторождения.

В 1970-х годах крупнейшим заводом по микробиологическому выщелачиванию был завод по отвальному выщелачиванию Kennecott Copper Corporation в Бингеме, США. Содержимое хранящихся там отвалов оценивается более чем в  $3,6 \times 10^9$  тонн, и каждый день биовыщелачиванием извлекают около 200 тонн меди. Торма предположил, что в то время до 25 % производства меди в США извлекалось путем бактериального выщелачивания.

Между тем Чили является крупнейшим производителем меди в мире, и даже на высоте 4200 м над уровнем моря (Кебрада-Бланка) ведется биовыщелачивание, которое будет производить 75 000 тонн меди ежегодно. Ожидается, что в ближайшие годы будет запущено несколько промышленных применений бактериального выщелачивания, производящих 250 000 тонн катодной меди в год, что будет равняться примерно 16 % текущего общего производства меди в Чили.

В Днепродзержинском и Сухачевском хвостохранилищах (Украина), которые занимают общую площадь 600 га и содержат порядка 42 млн т "хвостов", одной из интенсивно развиваемых технологий в настоящее время является микробиологическое выщелачивание как привлекательная альтернатива традиционным физическим и химическим методам обогащения руд благодаря сокращению потребления энергии, транспортных затрат и менее пагубному воздействию на окружающую среду.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологическая безопасность создаваемых технологий.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Более экономичны, при применении образуется меньше опасных для природы отходов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Простота аппаратуры для бактериального выщелачивания, возможность быстрого размножения бактерий, особенно при возвращении в процесс отработанных растворов, содержащих живые организмы, открывает возможность не только снизить себестоимость получения ценных полезных ископаемых, но и значительно увеличить сырьевые ресурсы за счет использования бедных, забалансовых руд в месторождениях.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Экологичность, экономичность, расширение сырьевой базы цветных металлов за счет вовлечения в производство значительных объемов ранее не перерабатываемого сырья.

Технология биологического кучного выщелачивания может быть использована для окисления сульфидов в цельной руде в открытых штабелях с последующей переработкой в традиционной установке для окисленного золота. Наиболее успешный процесс биологического кучного выщелачивания проведен компанией Newmont на предприятии в Неваде.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Небольшие капитальные вложения, снижение эксплуатационных затрат.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей; повышение энергоэффективности; дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат.

Перспективность разработок в этой области связана с увеличением глубины переработки руд, привлечением новых ранее не использовавшихся типов сырья, экологической безопасностью создаваемых технологий.

## **5.4. НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух**

### **5.4.1. НДТ, направленные на предотвращение неорганизованных эмиссий в атмосферный воздух**

#### **5.4.1.1. Снижение выбросов при проведении буровых работ в карьерах и шахтах**

##### **5.4.1.1.1. Позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения**

#### **Техническое описание**

Комплекс буровых работ включает в себя расчет и проектирование оптимальных параметров БВР с учетом характеристик горных пород; расстановку буровых станков; бурение скважин. Бурение взрывных скважин осуществляется как станками производства ближнего зарубежья, так и высокотехнологичными буровыми станками импортного производства Atlas Copco: DML; DM-45.

Один из реальных путей устранения рисков выбросов пыли в атмосферу заключается в использовании систем точного управления и позиционирования буровых станков. В настоящее время известно применение спутникового (GPS/Глонасс) позиционирования буровых станков в карьере для повышения точности расположения взрывных скважин и более эффективного использования взрывчатых веществ. Системы спутникового позиционирования с использованием информации о текущей глубине бурения, скорости бурения, давлении в гидросистеме позволяют получать информацию об энергоемкости бурения горного массива в различных точках скважин. Необходимую информацию бортовой компьютер бурового станка получает по радиоканалу из диспетчерского центра. Информация об энергоемкости бурения с отдельных скважин через систему спутникового позиционирования обрабатывается и суммируется в общую трехмерную карту трудности бурения для облегчения работы при расчете и закладке взрывчатых веществ в скважины. Трудность бурения на такой карте отображается разными цветами, не измеряется в конкретных единицах, а отражает относительный энергетический показатель.

После выполнения бурения выполняется передача фактических координат скважин в режиме реального времени в системы планирования горных работ и имитационного

моделирования взрывов для их дальнейшего использования при обсчете параметров зарядов в скважинах и проектировании схем их коммутации.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование систем точного позиционирования и управления работой буровых станков в итоге обеспечивает:

снижение выбросов в атмосферу оксида азота  $N_2O_3$ , диоксида азота  $NO_2$  и пыли неорганической, в том числе наиболее опасной для окружающей среды мелкодисперсной;

снижение перерасхода ВВ, дизельного топлива и бурового инструмента за счет более быстрой установки станка на место бурения очередной скважины и сокращения времени на переезды между скважинами, снижения количества скважин повторного бурения; сокращение парка буровых станков для выполнения проектного объема бурения по карьере;

уменьшение объема образования отходов за счет снижения расхода долотьев и штанг на 1 метр бурения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Учитывая, что бурение скважин является первоначальным этапом к подготовке взорванной горной массы, при эффективном управлении буровыми работами, в последствие достигаются следующие результаты – безопасность при массовом взрыве; качество подготовленной горной массы, выраженное в полученном гранулометрическом составе горной массы, влияющем в дальнейшем на производительность погрузочно–транспортного оборудования; снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Данная система состоит из:

интеллектуальной панели, установленной в кабине бурового станка, служащей для отображения проекта на буровые работы;

навигационного приемного оборудования;

датчиков определения осевого давления;

датчиков определения скорости вращения;

датчиков определения угла наклона скважины;

наборов датчиков определения глубины бурения;

программного обеспечения для визуализации бурения.

Установленная система высокоточного позиционирования позволяет машинисту бурового станка с точностью определить местонахождение проектной скважины (погрешность до 10 см), произвести бурение в полном соответствии с проектом на буровые работы. Принимая во внимание возможность определения фактических координат устьев скважин, угла наклона скважин, а также положения скважин на уровне проектного горизонта, инженер по БВР в режиме трехмерного моделирования



определяет фактическую линию сопротивления по подошве, минимальное расстояние между скважинами по подошве уступа, в связи, с чем производится расчет массы заряда взрывчатого вещества исходя из условий: строгого соблюдения проектных решений; безопасного проведения взрывных работ (снижение разлета кусков породы и т.д.); качественного дробления массива; минимизации вредного влияния на окружающую среду.

### **Кросс-медиа эффекты**

Капитальные затраты. Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы (конструктивные и технические решения) являются общеприменимыми и могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

### **Экономика**

В настоящее время системы точного позиционирования и управления карьерными буровыми станками в основном представлены продукцией компаний: ProVision® Drill компании Modular Mining Systems, Inc. (США), КОБУС® компании Blast Maker (Кыргызстан), mineAPS® Drill компании Wenco Mining Systems (Канада).

Широкое применение АСУ горнотранспортным комплексом, основанных на технологиях спутниковой навигации, обусловлено их высокой эффективностью, достигаемой за счет повышения производительности оборудования на 15–25 %, при этом срок возврата инвестиций составляет от нескольких месяцев до полутора лет.

Мировой опыт компании Modular Mining Systems, Inc. по оснащению парка буровых станков системами точного позиционирования и управления в сочетании с использованием современных компьютерных систем проектирования БВР и имитационного моделирования взрывов значительно повышает экономическую эффективность БВР и на 15 % снижает уровень финансовых затрат на БВР. Уменьшает выход негабаритов на 0,2–0,4 %, увеличивает удельный выход горной массы с 1 п.м. скважины.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства.

Повышение производительности и эффективности использования бурового станка, оптимизация процессов БВР, экономия материальных ресурсов.

## **5.4.1.1.2 Внедрение методов снижения пылеобразования с применением технической воды и различных активных средств для связывания пыли**

### **Техническое описание**

Распространенными способами борьбы с пылью при работе станков механического бурения являются: мокрый метод – пылеподавление воздушно–водяной смесью; пылеподавление воздушно–эмульсионными смесями (ПАВ) и сухой метод – сухое пылеулавливание. В зависимости от условий работы и применяемого оборудования эти методы могут использоваться в разных вариантах. Но общие принципы снижения

запыленности, описанные в этом разделе, применимы для всех случаев бурения на карьерах, включая использование различных буровых установок.

Основным направлением снижения пылевыделения при работе СБШ в настоящее время является применение мокрых способов пылеподавления и пылеулавливающих установок, так как использование воды при пылеподавлении в технологическом процессе буровых работ самый эффективный и доступный способ снижения загрязнения атмосферного воздуха.

При сухом бурении снижение запыленности происходит без использования воды. Для улавливания пыли используют оборудование, находящееся на буровой установке у устья скважины. Такое оборудование может работать в разных климатических условиях, и оно эффективно при низкой температуре. Конструкция пылеулавливающего оборудования может быть разной, и она зависит от размера буровой установки.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Воздушно–водяная смесь на ставках образуется при подаче воды в поток сжатого воздуха и распылении ее на мелкие капли. В призабойном пространстве смесь создает факел из капель, которые сталкиваются с пылевыми частицами (рисунок 5.11). Вихреобразование повышает вероятность столкновения пылевых частиц с каплями воды. Смачивание и коагуляция пыли продолжаются при движении продуктов бурения по затрубному пространству. Шлам от устья удаляется воздушным потоком, создаваемым вентилятором, который устанавливается на станке на расстоянии 1,1–1,5 м от скважины. Частицы, смоченные водой, выпадают из потока и оседают на поверхности уступа на некотором расстоянии от устья скважины. Подача воды контролируется оператором буровой установки из кабины, и в некоторых кабинах ставят расходомер для определения оптимального расхода воды. Для повышения смачивающих свойств воды можно использовать добавки ПАВ, которые снижают поверхностное натяжение воды, улучшают ее смачивающую способность и диспергирование. Измерения показали, что это позволяет снизить концентрацию пыли на 96 %.



Рисунок .11. Движение воздушно–водяной смеси при мокром методе пылеподавления

Для эффективного снижения запыленности нужно, чтобы оператор следил за подачей воды. Расход воды при этом способе небольшой – обычно  $0,4 \div 7,6$  л/мин, но он зависит от типа долота, горно-геологических условий и уровня влажности буримых пород. Например, экспериментальные измерения показали, что при увеличении расхода воды с  $0,8$  до  $2,4$  л/мин происходит значительное снижение запыленности. Но после того, как в том конкретном случае проведения измерений, расход достиг  $3,8$  л/мин, возникли новые проблемы: наконечник долота стал засоряться, и буровая коронка стала трудно вращать из-за того, что мокрый разрушенный материал стал слишком тяжелым для выдувания из скважины, и стал засорять пространство между долотом и стенками скважины. Таким образом подача слишком большого количества воды создает дополнительные проблемы, происходит снижение стойкости шарошечного долота (до 50 %) вследствие повышенного износа подшипников. Расход воды, которую нужно подавать, зависит от типа бурового инструмента и от свойств разрушаемого материала.

На основе результатов измерений и наблюдений мокрого метода бурения, разработаны следующие рекомендации по его применению:

чтобы расход воды был близок к максимальному, оператор должен плавно увеличивать подачу воды до тех пор, пока не перестанет наблюдаться визуально заметный выброс пыли;

повышенная подача воды не приведет к значительному уменьшению запыленности, но скорее всего создаст эксплуатационные проблемы – ускоренное разрушение наконечника долота (при использовании трехшарошечного долота), возможное "

заедание" бурового инструмента. А подача меньшего количества воды уменьшит эффективность пылеподавления;

важно увеличивать подачу воды постепенно, и с задержкой по времени (на тот период, который требуется для подъема воздушно-водяной смеси до устья скважины);

при бурении нужно непрерывно следить за расходом воды, чтобы ее подача была оптимальной для снижения запыленности, и чтобы не произошло засорения пространства между долотом, буровой штангой и скважиной;

используемая вода должно фильтроваться, чтобы грязь, содержащаяся в воде, не засорила систему мокрого пылеподавления;

при температуре воздуха меньше 0 °С во время бурения система должна подогреваться, а при (длительных) перерывах вода должна сливаться. В большинстве буровых установок расположение емкости с водой вблизи двигателя и гидравлической системы оказывается достаточно для того, чтобы предотвратить замерзание во время работы – за исключением очень низкой температуры воздуха. Когда бурение не проводится, вода должна сливаться.

Бурение шпуров и скважин с промывкой водой (так называемое мокрое бурение) пока основное средство пылеподавления при буровых работах в подземных условиях. При мокром пылеподавлении вода используется для удаления разрушенной породы из скважины. Для промывки шпуров и скважин при бурении применяют два способа: осевую и боковую подачу воды. На отечественных рудниках применяют преимущественно осевой способ. Осевой способ широко применяют на рудниках ЮАР, Австралии, Канады и т. д. На рисунке 5.12 показано, как вода подается через специальную водоподводящую трубку, расположенную по оси перфоратора, и затем поступает в канал буровой штанги. Выходя через отверстие в головке бура, вода оmyвает забой шпура и вытекает через канал скважины, унося разрушенную породу. Давление воды у перфораторов должно быть равно давлению воздуха, используемого для работы перфоратора, или на 0,5-1 ат ниже давления сжатого воздуха. Расход воды при бурении должен быть постоянным и составлять: для ручных перфораторов не менее 3 л/мин. Эффективность данного способа 86-97 % в зависимости от вида бурения и схемы расположения скважин. Исследования также показали, что закачивание в скважину тумана из капель воды, и закачивание пены также снижает концентрацию пыли на 91-96 %. Но небольшое относительное снижение концентрации пыли по сравнению с традиционным мокрым бурением с использованием воды не окупает увеличение затрат при использовании этих способов.



Рисунок .12. Схема движения воды при мокром бурении скважин и шпуров ручными перфораторами

Сухое пылеулавливание предусматривают обычно в несколько стадий: улавливание крупной буровой мелочи; грубодисперсной и тонкодисперсной пыли (менее 10 мкм).

За время эксплуатации станков шарошечного и ударно–вращательного бурения было разработано несколько десятков одно–, двух–, трех– и четырехступенчатых пылеулавливающих установок, состоящих из узла отсоса запыленного воздуха от устья скважины (укрытия), пылеулавливающих аппаратов, вентилятора и системы воздухопроводов. По принципу улавливания пыли на последней ступени очистки они подразделяются на установки с гравитационным, инерционными, поглощающими и пористыми пылеуловителями. Пылеулавливающие установки могут включать как сухие, так и мокрые пылеуловители. На рисунке 5.13 показана типичная сухая пылеулавливающая система, используемая при бурении скважин различного диаметра. Пыль попадает в воздух при продувке скважины сжатым воздухом (для удаления разрушенной породы), который подается через полые буровые трубы к буровой коронке.

При нормальной работе разрушенная порода и пыль попадают в укрытие, которое закрывает место входа буровых труб в породу. А запыленный воздух удаляется из укрытия отсасывается и направляется в пылеуловитель. Вентиляционная система включает в себя вентилятор и тканевый фильтр, регенерация ткани в котором обычно осуществляется импульсной продувкой сжатым воздухом через определенные интервалы времени. При этом уловленная пыль сбрасывается в бункер пылеуловителя. Снижение концентрации пыли может достигать 95 % при исправном состоянии и правильном использовании.

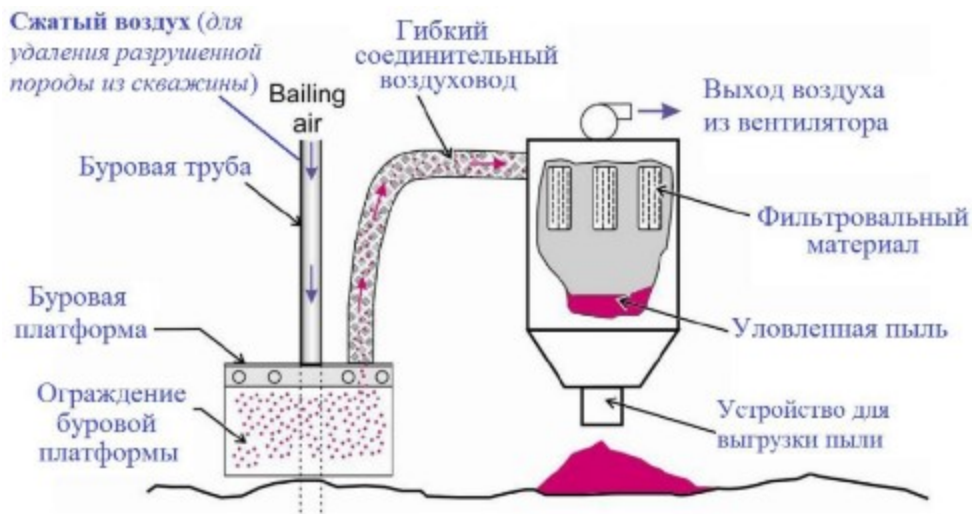


Рисунок .13. Схема пылеулавливающей установки

Для предотвращения выбросов пыли необходимо обеспечить оптимальное отношение расходов воздуха – отсасываемого вентиляционной системой и сжатого, подаваемого для удаления разрушенной породы. Обычно отношение расходов отсасываемого воздуха к подаваемому сжатому составляет до 3:1. Но при работе фильтров при обычной запыленности чаще всего встречается отношение 2:1. Установлено, что наибольшее снижение концентрации пыли получается при увеличении отношения расходов с 2:1 до 3:1, а при увеличении до 4:1 концентрация пыли становится еще ниже.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Необходимость дополнительного использования водных ресурсов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства.

Снижение негативного влияния на окружающую среду.

### **5.4.1.1.3. Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания**

#### **Техническое описание**

При бурении поверхностных скважин большого и среднего размера с помощью буровых установок на гусеничном ходу можно эффективно уменьшить запыленность воздуха с помощью горизонтальных полок, влияющих на движение воздуха в укрытии. Использование таких полок может позволить снизить запыленности у любой большой буровой установки, у которой минимальный размер укрытия не меньше 1,2 на 1,2 м. Полки шириной 15 см устанавливаются в укрытии по периметру ограждения. Они

предназначены для уменьшения выноса пыли из укрытия во время работы буровой установки.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания позволяет снизить выбросы в атмосферу пыли неорганической, в том числе мелкодисперсной – наиболее опасной для окружающей среды.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При бурении и использовании обычного ограждения воздух движется в нем так, как показано на рисунке 5.14 слева, и он определяется движением продувочного воздуха и влиянием вытяжки. Продувочный воздух движется (вверх) от отверстия скважины через среднюю часть ограждения (на уровне полок), сохраняя направление движения вдоль буровой трубы к нижней поверхности буровой платформы. У нижней поверхности буровой платформы за счет эффекта Коанда (струя текущей жидкости или газа склонны "прилипать" к поверхности, с которой они встретились). Струя загрязненного воздуха выходит из скважины, движется вверх до площадки буровой платформы, расходится в стороны веером по нижней стороне площадки буровой платформы и по достижении ее краев движется вниз вдоль стенок ограждения. Все это движение происходит при большой скорости. Вынос пыли из укрытия в месте его контакта с поверхностью уступа происходит при столкновении потока воздуха с ней и последующего вытекания из укрытия через зазор между ограждением и землей.

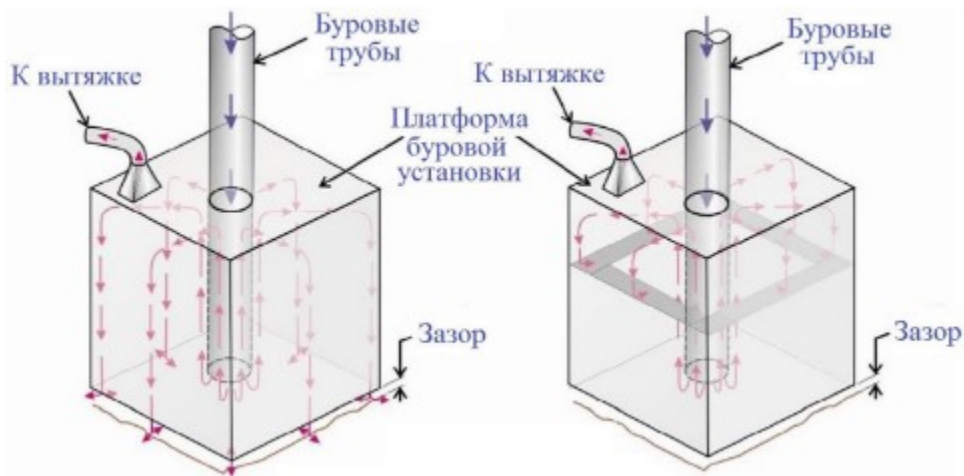


Рисунок .14. Модель движения воздушно-пылевой смеси в укрытии при использовании полок

Полка шириной 15 см, установленная по периметру ограждения, нарушает (описанный выше) характер движения воздуха. Она перенаправляет поток воздуха к центру укрытия так, что поток загрязненного воздуха не сталкивается с поверхностью земли (рисунок 5.15, справа). Такое изменение направления движения загрязненного воздуха уменьшает его вытекание из-под укрытия наружу.

Полки, установленные на буровой установке при проведении испытаний, сделаны из полос конвейерной ленты шириной 15 см и закреплены болтами на металлических уголках размером 5 см. Эти уголки прикреплены болтами к ограждению укрытия по его периметру. Для полной герметизации внутреннего пространства добавлена дверца (кусок резины), закрывающая отверстие для доступа к внутреннему пространству извне. Полки установлены примерно посередине (по вертикали) между верхней частью ограждения и поверхностью земли. Измерения в производственных условиях во время работы буровой установки показали, что при использовании данного способа концентрация пыли уменьшается на 66–81 %.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Выгрузка уловленной пыли (из пылеуловителя) дает до 40 % от всей запыленности техники.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

Трудозатраты на изготовление и установку полок ограждения.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли.

### **5.4.1.2. Снижение выбросов при проведении взрывных работ на карьерах и шахтах**

#### **Описание**

Методы, техники или их совокупность для предотвращения неорганизованных выбросов при проведении взрывных работ.

Массовый взрыв на разрезе (карьере) является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газов. Вредные примеси выделяются в атмосферу в виде пылегазового облака. Часть вредных газов (около одной трети) остается во взорванной горной массе и затем выделяется в атмосферу, загрязняя район взорванного блока и прилегающие к нему участки. Выделившаяся пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, площадях около разреза (карьера) и в близлежащих поселках, являясь в дальнейшем источником пыления.

#### **Техническое описание**

Интенсивность пылегазообразования при ведении взрывных работ на карьерах и шахтах зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико-механические свойства горных пород и их обводненность, ассортимент применяемых ВВ, типы используемых забоечных материалов, методы взрывания (на подобранный откос уступа или в зажатой среде), время производства массового взрыва, метеоусловия на момент массового взрыва и др.

Большое влияние на выбор способов и средств пылеулавливания и пылеподавления оказывают свойства пыли: плотность частиц, их дисперсность, адгезионные свойства,



сыпучесть пыли, смачиваемость, абразивность, гигроскопичность и растворимость частиц, электрические и электромагнитные свойства, способность пыли к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом.

Сокращение пылегазовыделения при взрывных работах осуществляется за счет технологических, организационных и инженерно-технических мероприятий.

К технологическим мероприятиям относятся:

уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков;  
использование в качестве ВВ простейших и эмульсионных составов с нулевым или близким к нему кислородным балансом;  
частичное взрывание на "подпорную стенку" в зажиме.

К организационным мероприятиям относятся:

внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров БВР;

проведение взрывных работ в оптимальный временной период с учетом метеоусловий;

использование рациональных типов забоечных материалов, конструкций скважинных зарядов и схем инициирования.

Инженерно-техническими мероприятиями являются:

орошение взрываемого блока и зоны выпадения пыли из пылегазового облака водой, пылесмачивающими добавками и экологически безопасными реагентами;

применение установок локализации пыли и пылегазового облака;

применение технологий гидрообеспыливания (гидрозабойка взрывных скважин и шпуров, укладка над скважинами емкостей с водой);

проветривание горных выработок;

использование зарядных машин с датчиками контроля подачи взрывчатых веществ;

использование естественной обводненности горных пород и взрывааемых скважин;

использование неэлектрических систем инициирования для ведения взрывных работ в подземных условиях.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование перечисленных техник как по отдельности, так и в совокупности позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли неорганической и уменьшить объемы выбросов оксида азота  $N_2O_3$ , диоксида азота  $NO_2$  и оксида углерода  $CO$ , снизить перерасход ВВ, дизельного топлива и бурового инструмента, уменьшить объем образования отходов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

К технологическим мероприятиям относят способы управления действием взрыва. Высокая интенсивность пылегазообразования при взрывных работах обусловлена тем, что энергия ВВ, как правило, расходуется нерационально. При обычном взрывании

лишь 6–7 % потенциальной энергии ВВ расходуется на отрыв и дробление горной массы. Отмечается сильное проявление бризантного действия ВВ, сопровождающееся глубоким дисперсионным изменением больших по размерам зон разрушаемого массива, которые являются мощными очагами пылеобразования. Неиспользование энергии взрыва сопровождается неполным сгоранием ВВ и, как следствие, образованием большого объема газов. Сущность управления действием взрыва сводится к увеличению используемой доли потенциальной энергии взрыва ВВ. Эта цель достигается увеличением времени действия на массив и направлением сил взрыва на выполнение полезной работы. К этим мероприятиям относят:

Уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков, например, за счет взрывания высоких уступов (от 30 м и более), что способствует уменьшению в 1,25 раза высоты пылегазового облака и уменьшению образования оксидов азота. Впервые взрывание высоких уступов в зажатой среде в условиях железорудных карьеров Кривбасса было осуществлено на ЦГОКе и ЮГОКе. Впоследствии оно было внедрено и на других горно-обогатительных комбинатах бассейна. Переход на взрывание высоких уступов, как показала практика расконсервации юго-западного борта карьера "Мурунтау", ведет к уменьшению на 15–20 % количества оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу. Увеличение в этом случае степени полезного использования энергии взрыва способствует уменьшению зоны переизмельчения (пластических деформаций) и, как следствие, снижению высоты пылегазового облака, т. е. количества выбрасываемой пыли. Высота подъема пылегазового облака зафиксирована в 1,2 раза меньшей по сравнению с методом взрывания 10–15-метровыми уступами. Концентрация пыли в атмосфере карьера при взрывании 10–15-метровыми уступами составила  $3300 \text{ мг/м}^3$ , а при взрывании тех же пород 20–30-метровыми уступами снизилась в 1,3–1,4 раза.

Применение взрывчатых веществ с кислородным балансом с нулевым или близким к нему кислородным балансом (граммонит, игданит и др.), что будет способствовать уменьшению (до 2–9 раз) количества образующихся вредных газов при взрывах в любых горнотехнических условиях. В частности, экспериментальными замерами установлено, что при взрывании простейших (игданит и т.п.) и эмульсионных взрывчатых веществ происходит значительно меньшее загрязнение окружающей среды, чем при взрывании промышленных тротилосодержащих ВВ. Так, например, при взрыве 1 кг гранулола в атмосферу карьера выделяется порядка 200 л, а при взрыве 1 кг граммонита 79/21 – порядка 100–140 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Аналогичным образом объем ядовитых газов при взрывании простейших и эмульсионных ВВ оказывается значительно меньшим и составляет 30–50 л/кг.

Взрывание на необрунную горную массу, т. е. на подпорную стенку из ранее разрушенной горной массы. При взрывании в зажатой среде процесс трещинообразования происходит более равномерно по всему массиву, так как трещины, расположенные вблизи заряда, полностью не раскрываются и практически не препятствуют распространению поля напряжений к удаленным точкам.

Ширина подпорной стенки должна быть не менее 20 м. При ширине подпорной стенки до 20–30 м резко сокращается или вообще не образуется вторичное пылегазовое облако (отсутствие пылевыделения со стороны развала) и на 2–3 ч после взрыва на нижней отметке взорванного уступа сокращается время снижения концентрации СО до предельно допустимого уровня.

Таблица 5.1. Влияние подпорной стенки на показатели взрывания пород

№ п/п	Крепость пород, f	Ширина подпорной, м	Ширина развала, м	Процентное содержание фракций с размером куска, мм		
				<200	201–400	400> 400
1	2	3	4	5	6	6
1	13–15	0	35–40	66,0	13,3	20,7
2		15–20	17–19,5	70,5	19,8	9,7
3	12–14	20–30	6–15	72,1	18,3	9,6
4	10–12	30–35	0–5	75,3	16,5	8,2

В условиях одного самых крупных в мире золоторудных карьеров "Мурунтау" были проведены экспериментальные взрывы по установлению влияния условий взрывания (в зажатой среде и на свободную поверхность уступа) на объем пылегазового облака. Для фиксации процесса формирования облака во времени была использована скоростная киносъемка.

Взрываемые породы были представлены кварцево–сланцевыми сланцами крепостью  $f=9-10$ . Половина блока взрывалась на подобранный забой, другая часть – подпор из ранее взорванной горной массы. Объем экспериментального блока составил 115 тыс. м<sup>3</sup>, сетка скважин – 7x7 м, средняя высота уступа – 10,5 м, переbur – 2 м, в качестве ВВ применялся гранулит С–6М. Схема взрывания – диагональная с интервалом замедления между рядами – 35 мс.

Расшифровка данных кинограмм показала, что формирование пылегазового облака на участке блока с подобранным забоем уступа закончилась к 5–й секунде. При этом формирование облака наблюдается не только за счет выбросов из верхней части площадки уступа, но и взметывания пыли с нижнего горизонта под действием газов взрыва, прорвавшихся из откоса уступа и формирования развала из пород бокового откоса уступа. Высота подъема пылегазового облака в этом случае составила 320 м, его объем – 3.8 млн м<sup>3</sup>. На участке взрываемого блока в зажатой среде формирование облака закончилось за 3 с, высота его подъема была равна 280 м, а объем – 2.6 млн м<sup>3</sup>. Снижение объема пылегазового облака произошло за счет отсутствия выбросов пыли

из боковой поверхности уступа, а также падений кусков породы на его нижнюю площадку.

При взрывании в зажатой среде уступов различной высоты данными скоростной киносъемки установлено отсутствие пылеобразования, как правило, в направлении формирования развала взорванных пород, что снижает объем пылегазового облака на 30–35 %.

Экспериментальными замерами установлено, что концентрация пылевидных частиц в момент массового взрыва изменяется во времени следующим образом: в начальный момент взрыва на карьере достигает значений  $2500 \text{ мг/м}^3$ , через 30 мин –  $850 \text{ мг/м}^3$ . Содержание пылевых частиц размером до 1,4 мкм на расстоянии до 100 м от взрываемого блока составляет 56 %, а размером более 60 мкм – только 2,3 %. На расстоянии 500 м от взрываемого блока содержание частиц пыли до 1,4 мкм составляет более 84 %, а частиц крупнее 60 мкм – 0,3 %. Это обусловлено тем, что под действием сил гравитации крупные фракции из облака осаждаются на поверхность уступа в более ближней от места взрыва зоне [17].

Организационные мероприятия включают внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров БВР (см. 5.4.1.1.)

Данные программные комплексы позволяют решать следующие задачи:

Проектирование БВР, включающее в себя расчет необходимых параметров БВР (массы скважинного заряда, конструкции заряда, расстояния между скважинами в ряду и рядами скважин и т. д.).

Прогнозировать траекторию разлета и развала горной массы.

Прогнозировать гранулометрический состав взорванной горной массы при проектировании, сравнивать с фактическим результатом, и производить дальнейшую корректировку параметров БВР.

Прогнозировать скорость смещения грунта в основании охраняемых объектов.

Производить отслеживание смещения пород при проведении взрывных работ на карьерах.

Перенос времени взрыва на период максимальной ветровой активности (например, для карьеров Кривбасса это 12–13 ч), что способствует сокращению времени проветривания карьеров на 15–20 %. Практика показывает, что производство массового взрыва в карьере предпочтительно производить в период максимальной ветровой активности. Для условий карьера "Мурунтау" этот период приходится на временной промежуток между 12–13 часами дня. Однако по технологическим условиям, ограничениям и производственной необходимости время выполнения взрывных работ в карьере назначено на 16 часов. В связи с этим использование только этого резерва должно уменьшить по предварительным подсчетам запыленность атмосферы карьера после производства массовых взрывов в среднем на 15–20 %. Рассеивание же

пылегазового облака при этом нужно осуществлять вентиляционными установками, создающими свободные водовоздушные струи, которые обеспечивают интенсификацию процесса газовой выделености с одновременным подавлением пыли.

Использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием (например, замена шламов хвостохранилищ, буровой мелочи и т. п. на мелкую щебенку или песчаноглинистую забойку, что способствует сокращению пылевыведения). Использование инертной забойки скважин не менее 16 %. Добавка различных нейтрализаторов в забоечный материал. К ним относится известь–пушонка и неочищенная соль, обеспечивающие снижение образования ядовитых газов.

Инженерно-технические мероприятия включают:

Для связывания пылевидных частиц предлагается производить обработку поверхности взрываемого блока химическими реагентами (спиртовая барда, растворы ПАВ и др.) и орошение зоны выпадания пыли из пылегазового облака водой или пылесмачивающими добавками из расчета 10 л воды на 1 м<sup>2</sup> площади орошения [48]. В этом случае на поверхности блока образовывается "корка" толщиной 20–30 мм, которая коагулирует пылевидные частицы и, тем самым предотвращает их попадание в атмосферу при взрыве. Эти данные подтверждаются данными киносъемок и замерами концентрации пыли после производства взрывов на карьере "Мурунтау". В частности уменьшается на 25–30 % выброс пыли в атмосферу карьера, на 15–20 % снижается высота подъема пылегазового облака. Зону орошения рекомендуется устраивать на расстоянии 50–60 м от границы взрываемого блока. Более точно расстояние от границы взрываемого блока (м), на котором выделяется пыль за счет взметывания ударной волной, находится расчетным способом. Кроме орошения водой взрываемый блок и прилегающие к нему участки покрывают пеной с использованием пеногенераторов. Толщина слоя пены на горизонтальных поверхностях составляет около 1 м на откосах 0,4–0,6 м [49].

Подавление пыли, выделившейся в атмосферу карьера с пылегазовым облаком, можно осуществить с помощью гидрозавес, создаваемых вентиляторами-оросителями дальнеструйных установок, установками импульсного дождевания и др. установками пылеподавления [48]. Этот способ заключается в том, что в воздушную струю, создаваемую установками искусственного проветривания, вводится вода, которая воздушным потоком разбивается на мелкие капли. При этом создается как бы объемный фильтр, в котором мелкие капли воды, соударяясь с витающими в воздухе пылинками, утяжеляют последние и падают вместе с ними на взорванную горную массу или площадки и откосы карьера. Воздушное пространство обрабатывают до взрыва, в момент и после взрыва. Эксперименты в промышленных условиях показали, что благодаря предварительной обработке воздуха над местом массового взрыва образуется зона инверсии, которая препятствует выходу пылегазового облака за

пределы карьера. При последующей работе вентиляторов-оросителей в течение 35–40 мин возможно полностью устранить опасное загрязнение пылью. Эффективность пылеподавления при использовании достигает 70–80 % [18].

Наряду с орошением осуществляется местное искусственное проветривание участков, прилегающих к взорванному блоку, что позволяет помимо пыли снизить концентрацию вредных газов, скопившихся в застойных зонах. Сокращение времени проветривания взорванных блоков возможно при интенсификации процесса газовыделения из развала горной массы. Для этого следует осуществить полив горной массы через 1–2 ч после взрыва с расходом  $50 \text{ л/м}^3$  (кроме руд и пород с примесью глинистых частиц). Полив горной массы позволяет интенсифицировать процесс газовыделения на 25–40 % [49].

Пылеподавление взвешенной в атмосфере горных выработок пыли осуществляют путем орошения водой и различными растворами с использованием различных технических средств: вентиляторов-оросителей, гидроионаторов, передвижных оросительных установок на пневмо- и рельсовом ходу. Также пылеподавление в рудничной атмосфере шахты, можно осуществить использованием генератора водяного тумана для снижения запыленности в забое при проведении взрывных работ. Использование такого способа показано на рисунке 5.15. Для работы генератора тумана используют сжатый воздух и воду, пропуская их через сопло. Форсунка устанавливается на расстоянии около 30 м от забоя, и подача тумана начинается перед взрывом, а прекращается через 20–30 минут после взрыва. Данный способ позволяет достаточно эффективно снижать концентрацию пыли в подземных условиях.

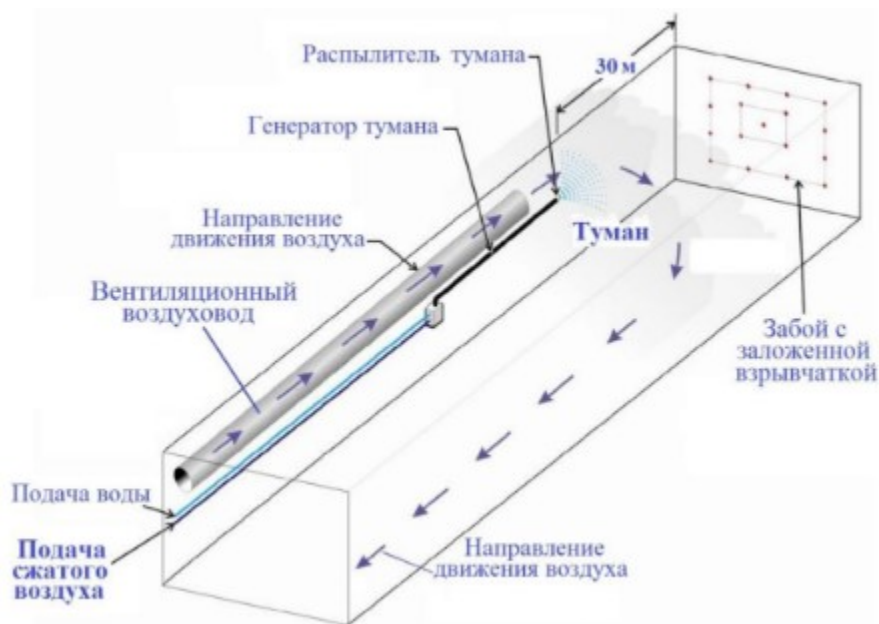


Рисунок 5.15. Генератор тумана, используемый для снижения пыли в забое

Другой способ уменьшения запыленности при проведении подземных взрывов, который стал использоваться позднее других, – фильтрация загрязненного воздуха, удаляемого вентиляцией (рисунок 5.16).

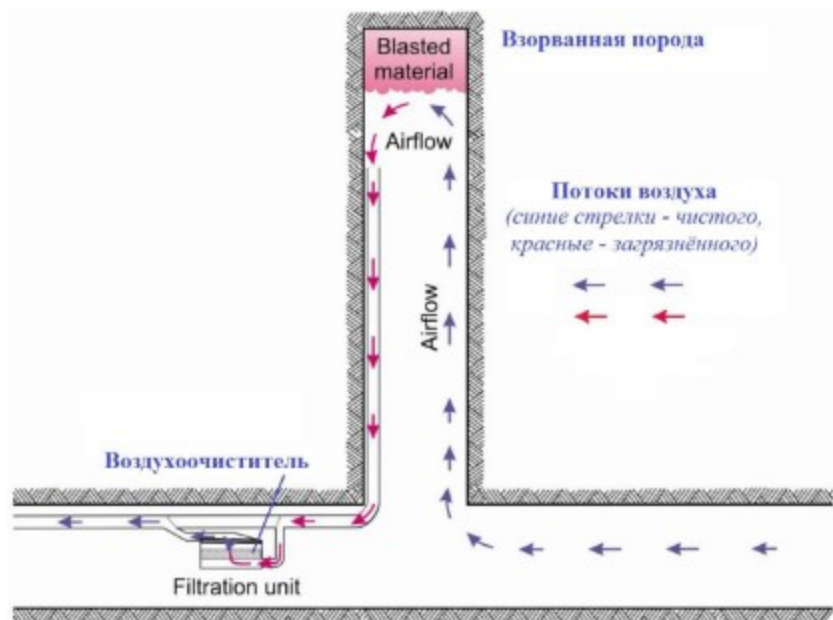


Рисунок 5.16. Воздухоочистительная установка, размещенная на сопряжении у устья выработки по ходу вентиляционной струи

Одна из таких вентиляционных установок, используемых на подземном руднике в ЮАР, включает в себя противоаэрозольный фильтр (для улавливания пыли) и слой сорбента из вермикулита, обработанного карбонатом натрия и калия (для улавливания соединений азота).

На рисунке 5.17 показан другой метод. Фильтры располагаются вне вентиляционной системы, на расстоянии 30 м от груди забоя и форсунка распыляет воду на них (направление распыления совпадает с направлением движения воздуха). Эти фильтры используются только во время взрыва, и диаметр воздуховода, в котором они располагаются, примерно в 2 раза больше диаметра вентиляционной трубы системы. Сравнительно недавно для тех же целей стали использовать сухие фильтры.

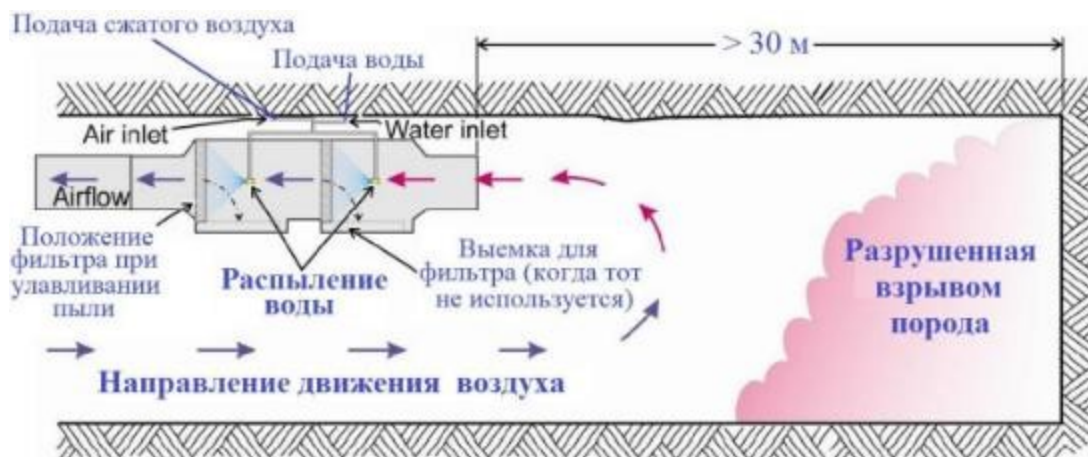


Рисунок 5.17. Воздухоочистительная установка, размещенная в забое выработки

Применение водяной забойки (гидрозабойки) включает три ее разновидности: внешнюю, внутреннюю и комбинированную:

Процесс выполнения внешней гидрозабойки включает размещение над устьями скважин полиэтиленовых рукавов с водой диаметром 900 мм и более. Толщина полиэтиленовой пленки должна быть не менее 0,1 мм. Наполнение рукавов водой осуществляется с помощью поливочной машины, оборудованной гидронасосом. Высота слоя воды в уложенном рукаве составляет 200–230 мм. Каждая емкость взрывается специальным зарядом на несколько миллисекунд раньше основного заряда. При расходе воды  $0,001–0,0015 \text{ м}^3/\text{м}^3$  горной массы концентрация пыли в пылегазовом облаке сокращается на 20–30 %, а количество образующихся окислов азота уменьшается в 1,5–2 раза.

Внутренняя гидрозабойка скважин представляет собой полиэтиленовый рукав, диаметр которого на 15 мм больше, чем диаметр скважины и длиной на всю ее неактивную часть. Такая конструкция позволяет снизить боковые напряжения на полиэтиленовый рукав. Толщина полиэтиленовой пленки должна быть не менее 0,2 мм. Для большей надежности следует применять полиэтиленовую пленку толщиной до 0,4 мм. Расход воды  $0,0009–0,001 \text{ м}^3/\text{м}^3$  горной массы. Внутренняя водяная забойка шпуров осуществляется помещением в них специальных ампул, наполненных водой или гелем. При подземной добыче использование таких емкостей уменьшает концентрацию пыли на 40–60 %.

Комбинированная гидрозабойка представляет объединение внешней и внутренней гидрозабойки скважин.

Эффективность гидрообеспыливания при взрыве заряда массой до 300 кг с помощью внешней гидрозабойки – 53 % (удельный расход воды  $1,38 \text{ кг}/\text{м}^3$  горной массы), внутренней – 84,7 % (удельный расход воды  $0,78 \text{ кг}/\text{м}^3$ ), комбинированной – 89,4 % (удельный расход воды  $1,04 \text{ кг}/\text{м}^3$ ). При взрыве зарядов массой 450–620 кг



эффективность внутренней гидрозабойки составляет 50,4 % (расход воды 0,46 кг/м<sup>3</sup>) [49].

Сокращение пылевыделения в процессе взрыва возможно также за счет применения гидрогеля для внутренней гидрозабойки скважин (рекомендации Криворожского горнорудного института). Гидрогель включает: аммиачную селитру – 4 %, жидкое стекло – 8 %; синтетические жирные кислоты – 2 %, воду – 86 %. Для получения гидрогеля используется специальная установка. С целью повышения эффективности пылегазоподавления, снижения стоимости гидрогеля и предотвращения взаимодействия его с ВВ, в состав гидрогеля вводятся добавки минеральных солей, смоленных синтетических жирных кислот и парафина. Гидрогель изготавливают на специальном заправочном пункте или непосредственно в баках машины, предназначенной для заполнения скважин гидрогелем. Заправочный пункт – это стационарное сооружение, состоящее из двух бункеров с дозаторами и устройствами для подачи воды и гелеобразующих компонентов. Эффективность гидрогелевой забойки при ее высоте 2–4 м достигает 34–54 %.

В зимний период следует применять в качестве гидрозабойки водные растворы солей NaCl и CaCl<sub>2</sub>. В таблице 5.2 приведены рекомендации по расходу этих солей.

Таблица 5.2. Расход солей для гидрозабойки при отрицательных температурах воздуха

№ п/п	Соль	Количество соли (г) на 1 кг воды, для температур, °С							
		–5	–10	–15	–20	–25	–30	–40	–50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	NaCl	84	160	230	390	–	–	–	–
2	CaCl <sub>2</sub>	100	170	220	271	310	340	380	415

Применение гидрозабойки затруднено в период отрицательных температур. В этих условиях возможно в качестве забоечного материала использовать снежно–ледяную забойку.

Наиболее распространенный способ уменьшения концентрации пыли и газов в шахтах при проведении взрывных работ – их рассеивание и удаление вентиляционной струей, или их разубоживание в рудничной атмосфере. При производстве подземных горных работ и выдаче воздуха вентиляционным стволом на частицах пыли конденсируется влага, что способствует при движении газопылевого потока укрупнению частиц пыли и ее осаждению. Особенно сильно такое обеспыливание происходит при снижении температуры воздуха, когда на частицах пыли происходит конденсация паров воды с дальнейшей их коагуляцией и осаждением в центробежном циклоне. В процессе прохождения струи воздуха на подъем по стволу температура воздуха снижается на 0,9 °С при каждых 100 м. Соответственно, относительная влажность растет, в стволе возникает точка росы, и влага (каплями и туманом)

захватывает пыль, копулирует ее. Увеличиваясь в массе, аэрозоль выпадает в зумпф, откуда по системе водоотлива удаляется из рудника. Таким образом наибольшим пылеочистным эффектом будет обладать глубокий ствол или шурф при высокой скорости воздуха и высоком влагосодержании воздуха (содержании как водяных паров, так и капельножидкой влаги). Пыль целиком локализуется внутри общешахтного пространства. Объясняется этот процесс адиабатическим расширением объема воздуха при выходе из глубины на дневную поверхность.

В настоящее время для механизации и оптимизации взрывных работ широко применяются СЗМ, предназначенные для отдельной транспортировки к местам производства взрывных работ невзрывчатых компонентов (эмульсии, аммиачной селитры, дизельного топлива и газогенерирующей добавки, загружаемых на заводе изготовления эмульсии или на стационарном пункте), изготовления из них в месте производства взрывов (карьеры, стройплощадки) промышленных взрывчатых веществ (ВВ) и механизированного заряжания ими сухих и обводненных скважин диаметром не менее 90 мм при температуре окружающей среды от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Технология заряжания для СЗМ подобного вида выглядит следующим образом. После опускания зарядного шланга в скважину включаются насосы, дозирующие эмульсию и газогенерирующую добавку, перемешивание которых осуществляется при прохождении через статический смеситель. Далее поток через барабан шлангоизвлекателя направляется по зарядному шлангу в скважину. При этом для снижения сопротивления перемещению ЭВВ по зарядному шлангу после статического смесителя перед входом в барабан в тракт подачи при помощи насоса впрыскивается раствор водяного орошения (или горячая вода), выполняющий роль смазки. Для обеспечения сплошности колонки заряда необходимо синхронизировать производительность эмульсионного насоса, подающего ЭВВ в скважину, и скорость подъема зарядного шланга. При изготовлении в СЗМ смесевых ЭВВ в шнек, дозирующий аммиачную селитру, при помощи насоса через форсунки подается дизельное топливо, после чего АСДТ в смесительном шнеке перемешивается с эмульсией, вышедшей из статического смесителя. Смесь АСДТ закачивается при помощи насоса в скважину по зарядному шлангу "под столб воды", либо подается в нее сверху при помощи подающего шнека.

На рынке присутствуют СЗМ различного типа, изготовленные как зарубежными компаниями ("Дино Нобель", ETI, MSI), так и российскими производителями (КНИИМ, НИПИГОРМАШ, ЗАО "Нитро Сибирь" и Белгородский завод сельскохозяйственного машиностроения). Эти машины работают на предприятиях АО "ССГПО", на угольных разрезах центрального и южного Кузбасса, в карьерах ОАО "Ураласбест", ОАО "Апатит", ГУП "Якутуголь", на Лебединском, Качканарском, Ковдорском ГОКах и других горных предприятиях.

Еще одна из техник состоит в применении системы устройств и методов передачи неэлектрического иницирующего импульса от первичного инициатора через ударно-волновую трубку к промежуточному неэлектрическому детонатору. Неэлектрические системы иницирования в сравнении с традиционными обусловлены более высокой надежностью, безопасностью и позволяют создавать схемы короткозамедленного взрыва зарядов с высокими возможностями управления энергией взрыва.

Несмотря на то, что настоящая техника не имеет прямого экологического эффекта, она является наилучшей доступной технологией ведения горных работ и обеспечивает стабильную и надежную работу, снижая тем самым риск возникновения нештатных и аварийных ситуаций, последствия которых самым неблагоприятным способом сказываются на окружающей среде [18].

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Значительная часть техник общеприменима, внедрена и широко применяется практически на всех горнодобывающих предприятиях Казахстана. Могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Масштабность и эффективность способов борьбы с пылевыделением связана с обеспечением ритмичной поставки необходимых жидкостей и химических реагентов на объект, а также наличием механизированных средств обработки поверхности взрывааемых блоков.

Гидрообеспыливание не применимо для процессов, в которых используются руды/концентраты, содержащие достаточное количество естественной влаги, чтобы предотвратить пылеобразование. Применение также ограничено в период отрицательных температур.

Пылеподавление растворами ПАВ, полимерными веществами, эмульсиями и другими химическими реагентами, создающими на поверхности материала корку, определяется экономической целесообразностью.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Большая часть техник не требует существенных капитальных вложений и носят организационный характер.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли.

### **5.4.1.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях**

#### **Описание**

Методы или совокупность методов, применяемых для предотвращения неорганизованных выбросов в атмосферу при транспортировке сырья, а также погрузочно-разгрузочных операциях.

## **Техническое описание**

К основным источникам неорганизованных выбросов относятся:

системы транспортировки, погрузки и разгрузки горной массы;

взвеси дорожной пыли, поднимаемой при эксплуатации транспортных средств;

газы при работе автотранспортных и тяговых средств железнодорожного транспорта с ДВС.

Погрузочно-разгрузочные работы сопровождаются значительным выделением пыли. Максимальное количество пыли выделяется при работе экскаваторов, несколько меньшее – при работе бульдозеров.

Автотранспорт при транспортировке горной массы поднимает большое количество пыли. Автомобильные дороги на карьерах, использующих автотранспорт, занимают одно из первых мест в балансе пылевыделения по всем источникам выделения пыли в карьере. На их долю приходится 70–90 % всей выделяемой пыли.

Образование пыли при конвейерной доставке обуславливается сдуванием пыли с транспортных поверхностей самого конвейера, в местах перегрузки с одного конвейера на другой, либо при загрузке конвейера.

При комбинированном транспорте причины запыленности и загазованности связаны с каждым из видов транспорта, входящим в комбинацию и, кроме того, с большим количеством выделяемой пыли в пунктах перегрузки с одного вида транспорта на другой. При всех видах карьерного транспорта большое количество пыли выделяется в местах разгрузки горной массы и при ее складировании.

К мерам, применяемым по предотвращению загрязнения окружающей среды при выемочно-погрузочных работах, транспортировке/перемещении сырья и материалов, относятся:

оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов;

применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев;

применение стационарных и передвижных ГМН, на колесном и рельсовом ходу;

применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора;

организация процесса перевалки пылеобразующих материалов;

пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой;

применение различных ПАВ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог;

укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта;

применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др.;

очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов;

применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы;

проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры;

применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование перечисленных техник позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли неорганической и уменьшить объемы выбросов оксидов азота  $\text{NO}_x$  и оксида углерода  $\text{CO}$ .

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Для предупреждения пылевыведения на автодорогах и подавления пыли применяют следующие способы: орошение дорог водой; орошение растворами гигроскопических солей; обработку поверхности дорог различными эмульсиями. Пылеподавление водой является одним из наиболее распространенных мероприятий по снижению пылевой нагрузки на горнодобывающих предприятиях. Эффективность пылеподавления водой оросителями в зависимости от ветроустойчивости покрытия достигает до 95 %.

Обработка карьерных автодорог пылеподавляющими веществами заключается в подготовке полотна дороги и поверхностной его обработке. Бульдозером или автогрейдером производится уборка просыпей горной массы и выравнивание полотна дороги. Затем рыхлителями разрушается верхний укатанный слой покрытия на глубину 4–5 см. После этого обрабатывается пылеподавляющим веществом, которое наносится из перфорированной трубы поливочной машины самотеком во избежание образования в воздухе аэрозоля этого вещества. Расход пылеподавляющего вещества при первичной обработке 2,0–5,0 л/м<sup>2</sup>, при последующих обработках - 1,2–2,5 л/м<sup>2</sup>. Наиболее часто для полива автодорог используются поливочные машины на базе БелАЗ, КамАЗ. Забор воды на пылеподавление осуществляется из зумпфов-отстойников, находящихся внутри разреза и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности.

Мокрый способ рекомендуется применять в теплое время года с помощью поливомоечных машин, работающих в режиме мойки. На участках постоянных технологических автодорог со значительным водопритокom рекомендуется использовать стационарный оросительный водопровод с автоматическим управлением электрозадвижками подачи воды.

Сухой способ очистки дорог применяется в районах ограничения применения воды и в холодный период года. Очистка производится легкими или средними бульдозерами,

автогрейдерными, универсальными фрезерными погрузчиками или снегопогрузчиками с лаповыми питателями. Уборку пыли на автодорогах с жесткими и промерзшими покрытиями рекомендуется производить подметально-уборочными машинами.

В зимнее время при отсутствии обычного снега возможно снижение запыленности с использованием искусственного снега, образуемого с помощью снегогенераторов. Пылеподавление искусственным снегом может осуществляться как путем воздействия на взвешенную в воздухе пыль, так и путем экранирования разрыхленной горной массы посредством покрытия ее снегом перед экскавацией и погрузкой. Применение такой установки снижает запыленность воздуха в рабочей зоне экскаватора типа ЭКГ-8И на 96,5 %.

Для уменьшения пылеобразования на автодорогах с твердым покрытием необходимо своевременно убирать просыпи горной массы дороги, а также своевременно производить ее очистку от грязи, используя для этого поливочные и уборочные машины с металлическими щетками.

Для борьбы с пылеобразованием при использовании железнодорожного транспорта применяют закрепление поверхности транспортируемой горной массы пылесвязующими материалами, укрытие пленкой, а также увлажнение водой поверхностного слоя транспортируемого материала.

Переход на конвейерный транспорт позволит снизить неорганизованные выбросы перегрузочных пунктов, уменьшив их количество или вообще исключив, позволит снизить количество одновременно работающей погрузочной техники, снизить количество технологических поездов и эксплуатационные затраты на транспортировку горной массы. Применение данной технологии может позволить:

- снизить эксплуатационные затраты при транспортировке 1 т горной массы на 1 км более чем на 25 %;

- сократить себестоимость рудного концентрата на 18 %;

- увеличить объемы перевозимой горной массы при снижении количества единиц техники;

- сократить объемы образования отходов (вскрыши) на 50 %;

- сократить объемы выбросов пыли на 33 %.

При конвейерном транспорте для предотвращения сдувания пыли воздушными потоками с поверхности транспортируемого материала применяют различные укрытия конвейеров, которые полностью закрывают рабочую и холостую ветви конвейера. Сокращение пылевыделения с холостой ветви конвейера осуществляют путем очистки ленты от налипшего материала. Пункты перегрузки с конвейера на конвейер оборудуют аспирационными укрытиями.

Одним из эффективных способов предупреждения пылевыделений при транспортировании конвейерным транспортом является увлажнение сыпучих материалов до оптимальной влажности. Повысить эффективность орошения и

увлажнения можно за счет применения растворов ПАВ, например, 0,025 %-ного раствора смачивателя "Прогресс", 0,3 %-ного раствора ПАА, 0,5 %-ного раствора ДБ и др. Увлажнение материалов до оптимальной влажности позволяет в десятки раз уменьшить интенсивность пылевыведения и предотвратить срыв пыли с поверхности транспортируемого материала даже при значительной относительной скорости воздушного потока (до 6,5 м/с).

Почти на всех карьерах для снижения пылеобразования при погрузочно-разгрузочных работах применяется гидроорошение. Для этой цели используются гидроустановки на железнодорожной платформе, на шасси автосамосвалов. Установка на базе самосвала с цистерной емкостью 24–25 м<sup>3</sup> обеспечивает орошение навала горной массы на забоях трех экскаваторов. В гидроустановках используются водометные стволы различной конструкции, гидромониторы, а также пожарные стволы. В некоторых случаях в качестве водометного устройства используется агрегаты типа ДДН, применяемые в сельскохозяйственной дождевальная машине. При использовании гидромониторов с насадкой 25 мм, подключенных к водопроводной сети под давлением 4–8 ат запыленность снижается в 5–6 раз. При использовании пожарного насоса типа ПН-25 с пожарным стволом дальность струи достигает 50–60 м, а расход воды в пределах 95–140 м<sup>3</sup>/ч. При разгрузке горной массы, укладке в отвал пылеобразование можно снизить увлажнением водой с использованием передвижных или стационарных установок.

Для предупреждения пылевыведения при ведении экскаваторных работ увлажнение разрыхленной горной массы в развале осуществляется в основном путем ее орошения с использованием передвижных стационарных оросительных установок. Увлажнение горной массы в развале с одновременной ее дегазацией после взрыва возможно с использованием передвижных вентиляционно-оросительных установок. При этом наряду со снижением пылеобразования эта схема позволяет в 3–4 раза сократить время простоя оборудования после проведения массового взрыва. Увлажнение горной массы в экскаваторных забоях карьеров осуществляется с использованием передвижных ГМН на колесном и рельсовом ходу. При применении на карьере железнодорожного транспорта используют гидропоезд с 5–6 цистернами общей вместимостью 250–300 м<sup>3</sup> воды. Они оборудованы двумя оросительными установками типа ДДН-70 или ДДН-50 производительностью 300 м<sup>3</sup>/ч каждая и дальностью струи 50–70 м. Ствол гидромонитора ГМН поворачивается на 360<sup>0</sup> в горизонтальной плоскости и на 120<sup>0</sup> в вертикальной. Для изменения параметров водяных струй гидромониторов предусмотрены сменные насадки диаметром от 40 до 60 мм. На карьерах, использующих автотранспорт, применяются оросительные гидромониторные установки на базе автосамосвалов различной грузоподъемности. Например,

увлажнение путем поверхностного орошения с помощью поливооросительных машин, оборудованных гидромонитором, например, автомобилями БелАЗ-7648 (емкостью 32 м<sup>3</sup>). До 25 % экскавируемой горной массы в летний период подлежит орошению водой. Радиус разбрызгивания струи воды – 60 м. Снижение загрязнения атмосферного воздуха пылью до 10 г/т добываемой горной массы. Емкостью служит герметизированный кузов автосамосвала; действие насоса, подающего воду к гидромонитору, осуществляется с использованием приспособления отбора мощности. Забой орошается в большей степени в его верхней части; нижняя часть увлажняется за счет стока воды к подошве забоя. Средства орошения следует располагать на верхней или нижней площадке уступа с учетом направления ветра относительно забоя и экскаватора в удобном для размещения месте или непосредственно на спланированном с помощью бульдозера уступе. Заправку поливооросительных автомобилей водой предусматривается частично производить из зумпфов-отстойников карьерных вод, расположенных в выработанном пространстве и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности [49].

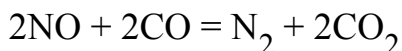
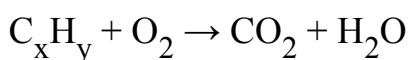
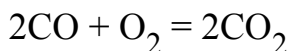
Увлажнение горной массы при перегрузке ее и погрузке на складах осуществляется, как правило, с использованием стационарных оросительных установок. Для этого на территории склада имеются емкости для воды, установлены стационарно насосы, сеть трубопроводов и гидромониторы. Для снижения вредного влияния на окружающую среду открытые склады могут быть оборудованы защитными противопылевыми оградками.

Для снижения загрязнения атмосферы выхлопными газами автомобилей используется: нейтрализация выхлопных газов их термokatалитическим окислением, использование нетоксичных или малотоксичных антидетонирующих добавок к топливу, а для дизельных двигателей антидымных присадок, магнитная обработка топлива.

Магнитная обработка автомобильного топлива позволяет снизить токсичность выхлопных газов до 50 %.

Значительное снижение токсичности отработавших газов можно при использовании нейтрализаторов различных конструкций. При каталитической нейтрализации выхлопных газов окись углерода переходит в двуокись, углеводороды окисляются до воды и двуокиси углерода, окись азота восстанавливается до молекулярного азота.

Химические реакции протекают следующим образом:



Наиболее эффективным является использование платиновых катализаторов. Они позволяют обезвредить выхлопные газы от токсичных веществ на 96–98 %. Каталитические нейтрализаторы обеспечивают эффективность очистки окиси углерода



до 75 %, углеводородов – до 70 % и альдегидов – до 80 % при температуре отработавших газов выше 300 °С.

Регулировку топливной аппаратуры ДВС для обеспечения наиболее полного сжигания топлива следует осуществлять систематически. Ежедневно при выходе автомобилей на линию требуется контролировать содержание токсичных примесей в отработавших газах и в случае отклонения от установленных нормативов проводить регулировку.

Присадка к топливам обеспечивают их более полное сгорание и уменьшение содержания в отработавших газах токсичных компонентов. Например, установлено, что применение присадки типа ИХП к топливу, используемому в дизельных двигателях, позволяет уменьшить дымность вдвое. Применение для дизельных двигателей топливно-водяных эмульсий, содержащих 15–20 % воды, также значительно уменьшает содержание вредных веществ в отработавших газах [50].

### **Кросс–медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Наличие систем нейтрализации отработавших газов снижает мощность двигателя.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы (конструктивные и технические решения), применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

В 2020 году на Михайловском ГОКе открыли уникальный дробильно-конвейерный комплекс. Производительность комплекса – 15 миллионов тонн руды в год, инвестиции в проект – 6 миллиардов рублей. В 2022 году "Металлоинвест" ввел в эксплуатацию комплекс ЦПТ на Лебединском горно-обогатительном комбинате. На реализацию инвестпроекта стоимостью около 14 млрд рублей потребовалось почти 5 лет.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли и выхлопных газов.

#### **5.4.1.4. Техники, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при хранении руд и продуктов их переработки**

##### **5.4.1.4.1. Укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ с использованием скального грунта, грубодробленной пустой породы**

### **Описание**

Применение скального грунта, грубодробленной пустой породы при укреплении откосов ограждающих дамб хвостохранилищ с целью сокращения площади пылящей поверхности.

### **Техническое описание**

При строительстве и реконструкции хвостохранилищ, образующих каскады из двух и более отсеков, ограждающие дамбы, как правило, должны отсыпаться и наращиваться из крупнообломочных грунтов или скальной горной массы с устройством противofiltrационных элементов в виде вертикального ядра или наклонного экрана по верховому откосу. Наращивание дамб таких хвостохранилищ должно производиться только в сторону низового откоса, особенно в районах с продолжительным периодом среднесуточных температур ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ . При отсутствии скальной вскрыши наращивание высоты дамб в каскаде может производиться только в сторону низового откоса совместно с наращиванием экрана. Отсеки, образующие каскад, должны иметь резервные объемы, достаточные для размещения селевого потока, образующегося при разрушении дамбы вышележащего отсека, или иметь аварийный водосброс (канал), обеспечивающий пропуск и отведение селевого потока в безопасное место, как это предусмотрено действующими строительными нормами и правилами.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В 2020 году Северный горно-обогатительный комбинат провел работы по консервации пылящих карт хвостохранилища. Для снижения пыления новых карт хвостохранилища на предприятии применили технологию скального пригруза. В качестве "подушки" использовали отходы производства – хвосты. Для покрытия вторым слоем - скальную породу. По подсчетам экологической службы комбината, полуметровый слой щебня будет прочно удерживать свыше семи тонн пыли в год на сухой поверхности. Также реализовали мероприятие по засыпке скальными породами отработанных карт хвостохранилища.

### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ. Требования экологического законодательства.

## **5.4.1.4.2. Устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев)**

### **Описание**

Наибольшими пылезащитными свойствами обладают древесные формы растений. Эффективность пылезащитных свойств у разных древесных пород различна и зависит от строения дерева, его ветрозащитной способности.

### **Техническое описание**

Ветрозащитная эффективность полос зависит от их строения, конструкции, высоты, ширины, формы поперечного сечения и степени ажурности. Наибольшую дальность защитного действия (50-60 высот деревьев) имеют полосы зеленых насаждений при продуваемой конструкции (с просветами внизу). За полосами ажурной конструкции (оптимальная ажурность составляет 30-40 %) эти зоны несколько меньше (45-50 высот). Полосы непродуваемой конструкции (плотные сверху донизу) отличаются наименьшим ветрозащитным действием (35-40 высот).

Полоса деревьев высотой 10 м, расположенных в 5 рядов, способна ослабить скорость ветра вдвое, причем на расстоянии 60 м.

Лучше всего задерживают пыль деревья с шершавыми, морщинистыми, складчатыми, покрытиями волосками, липкими листьями. Шершавые листья и листья, покрытые тончайшими ворсинками (сирень, черемуха, бузина), лучше удерживают пыль, чем гладкие (клен, ясень, бирючина). Листья с войлочным опушением по пылезадержанию мало отличаются от листьев с морщинистой поверхностью, но они плохо очищаются дождем. Клейкие листья в начале вегетации имеют высокие пылезадерживающие свойства, но их утрачивают. У хвойных пород на единицу веса хвои оседает в 1,5 раза больше пыли, чем на единицу веса листьев, и пылезащитные свойства сохраняются круглый год. Зная пылезащитные свойства растений, варьируя размеры озеленяемой территории, подбирая породы и необходимую густоту посадок, можно добиться наибольшего пылезащитного эффекта. Дожди, освобождая насаждения и воздушный бассейн от пыли, смывают ее на поверхность земли. Количество пыли в воздухе изменяется в зависимости от влажности воздуха и скорости ветров.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение пыления отвалов вскрышной породы.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Снижение пыления отвалов до 55 г пыли/т горной массы, поступающей в отвал.

### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо с учетом естественной среды обитания.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение пыления отвалов вскрышной породы. Требования экологического законодательства.

#### 5.4.1.4.3. Использование ветровых экранов

##### Описание

Система ветрозащитных экранов является модульной, состоит из ограниченного числа элементов, применяется для сокращения пыления.

##### Техническое описание

Ветровой барьер представляет собой специальную сеть из синтетического материала, натянутую вокруг потенциального источника пыли. Благодаря ячеистой структуре ветровой барьер снижает скорость проходящих через него потоков воздуха на 75 % и более. Это значительно сокращает количество воздушной пыли. При этом окружать весь штабель ветровым барьером не требуется, достаточно установить его в направлении наиболее частого и постоянного ветра. Ветровой барьер устойчив к сильным ветрам, ультрафиолету.

Ограждение для защиты от ветра и пыли контролирует и изменяет направление потоков ветра за счет уменьшения скорости ветра и турбулентности на площадках. При столкновении ветра со стеной механическая энергия воздушного потока снижается, вследствие чего уменьшается скорость ветра. В то же время уменьшаются сила и размер крупных вихревых потоков.

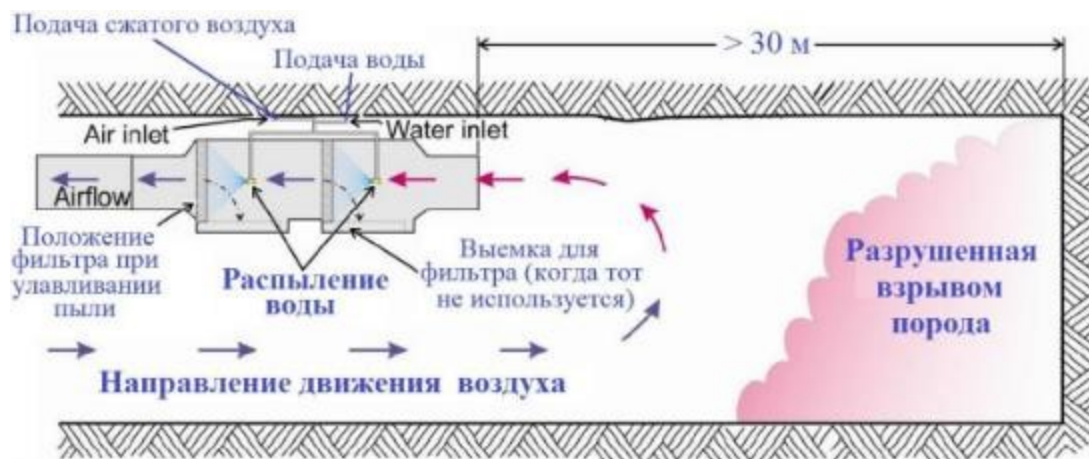


Рисунок 5.18. Использование ветровых экранов

Жесткая конструкция формирует новые потоки воздуха с меньшей скоростью и интенсивностью, что позволяет значительно снизить рассеивание пыли как на площадке, так и за ее пределами [51].

##### Достигнутые экологические выгоды

Сокращение пыления хвостохранилища.

##### Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Снижение выбросов (пыления) при использовании ветровой защиты составляет 65–80 %. В США для пылеподавления используют ветровые экраны "Dust TAMER™ Wind Screen Systems".

#### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ. Требования экологического законодательства.

### **5.4.2. НДТ, направленные на предотвращение организованных эмиссий в атмосферный воздух**

#### **5.4.2.1. Применение современных методов очистки выбросов от пыли**

Применение современных методов очистки выбросов от пыли предусматривает:

- применение камер гравитационного осаждения для удаления крупных частиц (>20 мкм) на этапе предварительной очистки дымовых газов;

- применение циклонов на этапе предварительной очистки дымовых газов для удаления абразивных частиц, позволяющее увеличить срок эксплуатации другого газоочистного оборудования;

- применение электрофильтров для очистки в условиях высокой влажности;

- применение рукавных фильтров для удаления мелких и ультрамелких частиц;

- применение мокрых газоочистителей для одновременного улавливания SO<sub>x</sub> и пыли.

Минимальный размер частиц, удаляемых оросительными колоннами, составляет >10 мкм, динамическими и коллизионными очистителями – >2,5 мкм, скрубберами Вентури – >0,5 мкм;

- применение фильтров с импульсной очисткой [52];

- применение керамических и металлических мелкоячеистых фильтров для удаления мелкодисперсных частиц, в том числе PM<sub>10</sub>.

#### **5.4.2.2. Циклоны**

##### **Описание**

Циклон для удаления частиц пыли является одним из основных аппаратов для очистки воздуха и отходящих технологических газов от твердых загрязнений, которые образуются в результате деятельности различных производственных предприятий. Благодаря простоте конструкции, отсутствию подвижных узлов и механизмов,

возможности увеличения производительности путем объединения в группы и батареи, циклоны сухой очистки широко применяются в технологических и подготовительных производственных процессах.

### Техническое описание

Циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80–95 % от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу. Запыленный воздух входит в корпус циклона со скоростью до 20 м/с, совершая вращательное движение в кольцевом пространстве между стенкой корпуса и внутренней трубой, перемещаясь далее в коническую часть корпуса. Под действием центробежной силы пылевые частицы, перемещаясь радиально, прижимаются к стенкам корпуса. Воздух, освобожденный от пыли, выходит наружу через внутреннюю трубу, а пыль поступает в сборный бункер. В зависимости от производительности циклоны можно устанавливать по одному (одиночные циклоны) или объединять в группы из двух, четырех, шести или восьми циклонов (групповые циклоны).

Циклоны предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при сушке, обжиге, агломерации, аспирации, сжигании топлива и других технологических процессах. При этом недопустимо применение данного типа циклонов в условиях токсичных и взрывоопасных сред, а также для улавливания сильно слипающих пылей.

Типоразмер циклона подбирают исходя из производительности с учетом оптимальной скорости в цилиндрической части циклона.

В зависимости от расхода очищаемого воздуха циклоны могут применяться в одиночном либо групповом исполнении, состоящем из 2, 4, 6 и 8 циклонов. При подборе типоразмера циклона учитывается, что с увеличением диаметра циклона степень очистки воздуха уменьшается. Циклоны с диаметром менее 800 мм не рекомендуется применять для улавливания абразивной пыли.

Материал для изготовления циклонов при температуре окружающей среды до 40 °С – углеродистая сталь, ниже – 40 °С – низколегированные стали.

Таблица 5.3. Параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24

№ п/п	Допустимая запыленность газа, г/м <sup>3</sup> :	
1	2	3
1	Для слабослипающейся пыли	Не более 1000
2	Для среднеслипающейся пыли	250
3	Температура очищаемого газа, °С	Не более 400
4	Максимальное давление разрежение), кгс/м <sup>2</sup> (кПа)	( 500 (5)

5	Коэффициент гидравлического сопротивления циклонов:	
6	для одиночных циклонов	147
7	Для групповых циклонов:	
8	с "улиткой"	175
9	со сборником	182
10	Оптимальная скорость, м/с:	
11	в обычных условиях $V_{ц}(V_{вх})$	3,5 (16,0)
12	при работе с абразивной пылью $V_{ц}(V_{вх})$	2,5 (11,4)

### Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли.

### Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Степень улавливания частиц пыли размером 10–20 мкм в циклонах представлена в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Эффективность очистки газа в циклоне

№ п/п	Дисперсность частиц	Теоретическая эффективность очистки
1	2	3
1	Более 20 мкм	≈ 99 %
2	Более 10 мкм	≈ 95 %
3	Более 5 мкм	≈ 80 %

Эффективность очистки газа в циклоне определяется дисперсным составом и плотностью частиц улавливаемой пыли, а также вязкостью газа, зависящей от его температуры. При уменьшении диаметра циклона и повышении до определенного предела скорости газа в циклоне эффективность очистки возрастает. Эффективность очистки, указанная в технических характеристиках, может быть достигнута лишь при условии соответствия между типоразмером циклона и его производительностью. Эффективность очистки резко снижается при подсосе атмосферного воздуха внутрь циклона, особенно через бункер. Допустимая величина подсоса 5–8 %.

Для нормальной эксплуатации циклонов необходимо:

обеспечить герметичность и исключить подсосы воздуха в шпек удаления пыли, пылесборную камеру, циклоны;

поддерживать температуру газов в циклонах на 30–50 °С выше точки росы, для исключения конденсации паров воды входной газоход и циклоны теплоизолируют;

для снижения выноса пыли из сушильного барабана производительность дымососа увязывают с поступлением горячих газов из топки путем поддержания разрежения в барабане на уровне 20–50 Па.

Допустимая запыленность газа для циклонов должна находиться в следующих пределах: для циклона диаметром 400-600 мм – не более 200 г/м<sup>3</sup>; 600-800 мм – не более 400 г/м<sup>3</sup>; 1000-2000 мм – не более 3000 г/м<sup>3</sup>; 2000- 3000 мм – не более 6000 г/м<sup>3</sup>.

На объектах предприятия АО "ССГПО" используются циклоны ЦН-11, ЦН-15 для участка по обжигу окатышей с эффективностью улавливания частиц пыли 96,5 %.

ОАО "Лебединский ГОК" для очистки отходящих газов от твердых веществ применяет высокоэффективный сухой циклон с последующим мокрым обеспыливанием с КПД очистки 99,48 % [53].

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение количества отходов, если собранная пыль не может быть возвращена в процесс.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Требуется наличие сухого сжатого воздуха (обычно решается установкой компрессора необходимой производительности вблизи фильтра и фильтра-влагомаслоотделителя).

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли при обжиге окатышей, сушке концентрата и механических процессах. Требования экологического законодательства.

## **5.4.2.3. Применение электрофильтров**

### **Описание**

Частицы пыли получают (как правило) отрицательный электрический заряд в поле коронного разряда и движутся под действием электрического поля к заземленным электродам, оседают на них и после регенерации электродов собираются в бункерах. Небольшая часть пыли, примерно 0,5-1 % от общего количества, приобретает положительный заряд и осаждается на коронирующих электродах и также периодически удаляется. Эффективность очистки может зависеть от количества полей, времени пребывания и предшествующих устройств для удаления частиц. Электростатические фильтры могут быть сухого или мокрого типа в зависимости от метода, используемого для сбора пыли с электродов.

### **Техническое описание**

Электрофильтры активно применяются в отрасли и могут функционировать в условиях широких диапазонов значений температуры, давления и пылевой нагрузки. Они не очень чувствительны к размеру частиц и улавливают пыль как во влажных, так и в сухих условиях. Конструкция электрофильтра устойчива к коррозии и абразивному воздействию.

Электрофильтр состоит из нескольких высоковольтных коронирующих электродов и соответствующих осадительных электродов. Частицы заряжаются и впоследствии выделяются из газового потока под воздействием электрического поля, созданного между электродами. Электрическое поле между электродами создается небольшим постоянным током высокого напряжения (100 кВ). На практике электрофильтр



разделен на ряд дискретных зон (обычно до пяти). Схема устройства электрофильтра показана на рисунке ниже.

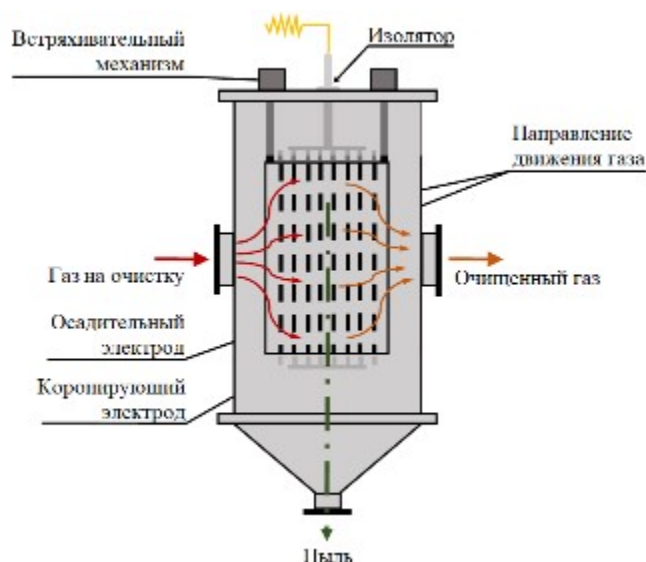


Рисунок 5.19. Схема устройства электрофильтра (показаны только две зоны)

Частицы удаляются из потока газа в четыре этапа:

наведение электрического заряда на частицы пыли;

подача заряженной пыли в электрическое поле;

улавливание пыли с помощью коллекторного электрода;

удаление пыли с поверхности электрода.

Коронирующие электроды необходимо подвергать встряхиванию или вибрации для предотвращения накопления пыли, соответственно, их механическая прочность должна выдерживать такое воздействие. Механическая надежность коронирующих электродов и их несущей конструкции имеет большое значение, поскольку даже один оборванный кабель может закортить все электрическое поле электрофильтра.

Производительность электрофильтра определяется формулой Дейча, согласно которой эффективность определяется общей площадью поверхности осадительных электродов, объемным расходом газа и скоростью миграции частиц. Таким образом, увеличение площади поверхности осадительных электродов имеет большое значение для улавливания конкретного вида пыли, в связи с чем современным подходом является использование расширенного межэлектродного пространства. В свою очередь, это предполагает надежную конструкцию и контроль работы выпрямительного устройства.

Конструкция используемых в горно-обогатительной отрасли выпрямителей предусматривает применение отдельных секций устройства для каждой зоны или части зоны электрофильтра. Это позволяет применять разное напряжение на входных и выходных зонах, поскольку на выходе пылевая нагрузка меньше, а также дает

возможность постепенно увеличивать напряжение, подаваемое на зоны, без искрения. Хорошая конструкция также подразумевает применение АСУ, поддерживающих оптимально высокое напряжение, подаваемое без искрения на электроды конкретной зоны. Для подачи максимально возможного без образования искр высокого напряжения и постоянного изменения его значения используется автоматическое контрольно-измерительное устройство. Подача постоянного высоковольтного электропитания практически не позволяет обеспечить оптимальную эффективность улавливания пыли.

Особое значение имеет электрическое сопротивление (величина, обратная электрической проводимости) пыли. Если оно слишком низкое, то частицы, достигая осадительного электрода, легко теряют свой заряд, и может произойти вторичный унос пыли. При повышенном удельном сопротивлении пыли на электроде образуется изолирующий слой, который препятствует нормальному коронированию и приводит к снижению эффективности улавливания. В основном удельное сопротивление пыли находится в рабочем диапазоне, но эффективность улавливания можно еще повысить, улучшив физические характеристики частиц. Для этого широко применяются аммиак и трехокись серы. Удельное сопротивление также можно уменьшить с помощью понижения температуры или увлажнения газа.

Для достижения высоких значений производительности электрофильтра газ пропускают через специальные устройства, обеспечивающие равномерность потока, препятствующую прохождению вне электрического поля. Правильная конструкция входных газоходов и наличие устройств распределения потока на входе электрофильтра необходимы для достижения однородности потока.

Электрофильтры ионной абразивной обработки обычно работают в диапазоне 100–150 кВ для обеспечения высокой эффективности сепарации. Отличительной особенностью электрофильтров является способностью работать при высокой температуре (горячие) и высокой влажности обеспыливаемых газов (мокрые). Количество образующейся пыли – так называемый вынос пыли (в процентах от массы перерабатываемой шихты) или переход металлов в пыль зависит от вида металлургического агрегата, физико-химической характеристики шихты (крупность, прочность, содержание легковозгоняемых металлов и соединений и прочее), интенсивности и характера пирометаллургического процесса и многих других факторов. Особенно интенсивно пыль образуется в технологических процессах, таких как обжиг и плавка концентратов, возгоночные процессы.

Таблица 5.5. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров [54]

№ п/п	Загрязняющее вещество	Эффективность очистки, %	Примечание	
			Сухой фильтр	Мокрый фильтр

1	2	3	4	5
1	<1 мкм	>96,5	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации
2	2мкм	>98,3	Очистка до <20мг/Нм <sup>3</sup>	Очистка до <20мг/Нм <sup>3</sup>
3	5мкм	>99,95	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации
4	>10мкм	>99,95	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли в атмосферу. Возможность рециркуляции (повторное использование уловленной пыли). Снижение нагрузки загрязняющих веществ, направляемых на следующие этапы очистки.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Основные преимущества электрической очистки газов, следующие:

широкий диапазон производительности – от нескольких м<sup>3</sup>/час до миллионов м<sup>3</sup>/час;

эффективность очистки от пыли варьирует от 96,5 % до 99,95 %.

гидравлическое сопротивление – не более 0,2 кПа (является основной причиной низких эксплуатационных затрат);

электрофильтры могут улавливать сухие частицы, капли жидкости и частицы тумана;

в электрофильтрах улавливаются частицы размером от 0,01 мкм (вирусы, табачный дым) до десятков микрон.

В Качканарском горно-обогатительном комбинате (2008) (ОАО "Ванадий", входит в "Евраз Групп") завершена реализация инвестиционного экологического проекта по оснащению газоочистными установками двух действующих на предприятии комплексов по производству агломерата (сырья для изготовления чугуна). В цехе агломерации пущен в эксплуатацию современный электрофильтр, который позволит каждый час очищать до 1 миллиона кубометров отходящих газов с высокими качественными показателями. Удельные выбросы в атмосферу сократились более чем в 2,5 раза: с 23 до 9 кг на тонну готовой продукции.

На фабрике окомкования при обжиге окатышей на Лебединском ГОКе (2009) проведена модернизация системы газоочистки, скрубберы в системе аспирации заменены на электрофильтры. Эффективность пылеочистки достигает 99 %.

Электрофильтры ЭГБМ успешно эксплуатируются на предприятиях России, стран СНГ, Финляндии, Швеции, Ирландии [55].

На Магнитогорском металлургическом комбинате установлен электрофильтр системы аспирации шихтоподачи доменной печи №6 в аспирационных системах, каждая из которых имеет производительность более 1 млн м<sup>3</sup>/час, электрофильтры обеспечивают проектную эффективность очистки воздуха до 98–99 % [55].

Электрофильтры широко применяются в странах по всему миру, особенно в странах СНГ, США, Китай, Австралия и др., к примеру, в России внедрены на Череповецком металлургическом заводе, в Китае Zhujj Kulun Environmental Technology Co., Ltd, Kleanland, Xinhai, Yantai Jinpeng Mining Machinery с эффективностью очистки от пыли до 95–97 %.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности, электрофильтры стали наиболее успешными установками для улавливания пыли из отходящих газов от основного технологического оборудования.

Основным недостатком электрофильтров является высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, состава пыли, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли, с возможностью ее повторного использования. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

## **5.4.2.4. Применение рукавных фильтров для удаления мелких и ультрамелких частиц**

### **Описание**

Очистка отходящих газов от пыли путем пропуска через плотно сплетенную или войлочную ткань, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

### Техническое описание

Рукавные фильтры изготавливаются из пористой тканой или войлочной ткани, через которую пропускаются газы для удаления частиц. Использование рукавного фильтра требует выбора ткани, подходящей для характеристик отходящего газа и максимальной рабочей температуры. Обычно рукавные фильтры классифицируются в соответствии с методом очистки фильтрующего материала. Необходимо регулярно удалять пыль из ткани для поддержания эффективности экстракции.

Наиболее распространенными методами очистки являются обратный воздушный поток, механическое встряхивание, вибрация, пульсация воздуха под низким давлением и пульсация сжатого воздуха. Акустические ковши также используются для очистки фильтрующих рукавов. Стандартные механизмы очистки не обеспечивают возвращение рукава в первоначальное состояние, так как частицы, осевшие в глубине ткани, уменьшают размер пор между волокнами, хотя это обеспечивает высокую эффективность очистки субмикронных паров.

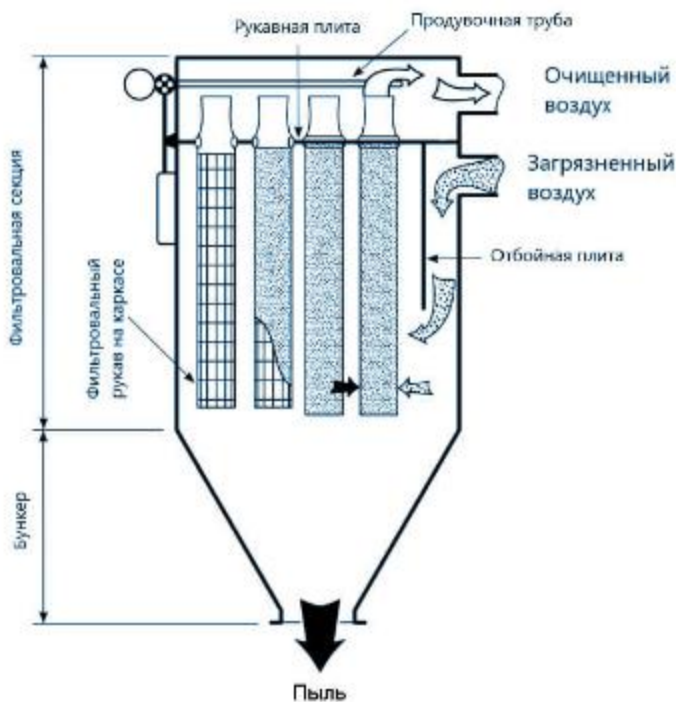


Рисунок 5.20. Конструкция рукавного фильтра

Эффективность очистки в рукавных фильтрах в основном зависит от свойств фильтровальной ткани, из которой изготавливаются рукава аппарата, а также от того, в какой мере эти свойства соответствуют свойствам очищаемой среды и взвешенных в

ней частиц. При выборе ткани необходимо учитывать состав газов, природу и размер частиц пыли, способ очистки, требуемую эффективность и экономические показатели. Также учитываются температура газа, способ охлаждения газа, если таковой имеется, образующийся водяной пар и точка кипения кислоты. В таблице 5.6 представлены типы тканей, широко используемые при очистке.

Таблица 5.6. Сравнение различных систем рукавных фильтров

№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Фильтр с импульсной очисткой	Мембранный фильтр из стекловолокна	Фильтр из стекловолокна
1	2	3	4	5	6
1	Тип рукава	-	Полиэстер	Мембрана/ стекловолокно	Стекловолоконно
2	Размер рукава	м	0,126 x 6	0,292 x 10	0,292 x 10
3	Площадь ткани на рукав	м <sup>2</sup>	2	9	9
4	Корпус	-	Да	Нет	Нет
5	Перепад давления	кПа	2	2	2,5
6	Отношение воздуха к ткани	м/ч	80 - 90	70 - 90	30 - 35
7	Интервал рабочей температуры	°С	250	280	280
8	Срок эксплуатации рукава	месяцев	До 30	72 - 120	72 - 120

Существует несколько различных конструкций рукавных фильтров, в которых используются различные виды фильтрующих материалов. Использование технологий мембранной фильтрации (поверхностная фильтрация) приводит к дополнительному увеличению срока службы, увеличению пределов температуры (до 260 °С) и относительно низким затратам на техническое обслуживание. Мембранные фильтрующие рукава состоят из ультратонкой мембраны из расширенного политетрафторэтилена (ПТФЭ), встроенной в материал основы. Частицы в потоке отходящего газа улавливаются на поверхности рукава. Вместо формирования осадка на внутренней части или проникновения в ткань рукава, частицы отталкиваются от мембраны, образуя тем самым меньший по объему осадок.

Синтетические фильтрующие ткани, такие как тефлон/стекловолокно, позволяют использовать рукавные фильтры в широком спектре процессов, обеспечивая длительный срок службы. Эффективность современных фильтрующих материалов при высоких температурах или в условиях абразивности достаточно высока, и производители тканей могут оказать помощь в определении материала для конкретного применения. При использовании подходящей конструкции для соответствующего типа

пыли в особых случаях может быть обеспечен очень низкий уровень выбросов пыли. Более высокая надежность и более длительный срок службы компенсируют расходы на современные рукавные фильтры. Достижение низких уровней выбросов пыли имеет важное значение, поскольку пыль может содержать значительные уровни металлов. Чтобы предотвратить утечку неочищенных газов в атмосферу, необходимо учитывать влияние деформации распределительных коллекторов и надлежащую герметизацию рукавов.

По причине возможного забивания фильтров в определенных условиях (например, в случае липкой пыли или при использовании в воздушных потоках при температуре конденсации) и чувствительности к огню, они подходят не для всех целей применения. Фильтры также могут использоваться вместе с существующими рукавными фильтрами и могут подвергаться модернизации. В частности, система уплотнения рукава может быть улучшена во время ежегодного технического обслуживания, а фильтрующие рукава могут быть заменены более современными материалами в соответствии со стандартными графиками замены, что также может снизить будущие затраты.

Самым распространенным типом используемых фильтров являются рукавные фильтры в виде мешков, при этом несколько отдельных фильтрующих элементов из ткани размещаются вместе в группе. Рукавные фильтры также могут быть в виде листов или картриджей.

Фильтр состоит из нескольких секций, часть из которых работает в режиме фильтрации очищаемого газа, а часть – регенерации, т. е. удаления осевшей на рукавах пыли. В режиме очистки запыленный газ фильтруется через поры рукава, а пыль осаждается на его поверхности. Со временем гидравлическое сопротивление рукава с накопленным на нем слоем пыли увеличивается, и эффективность осаждения возрастает. При этом пропускная способность фильтра по газу существенно снижается, и секцию отключают на регенерацию для удаления пыли механическим (встряхиванием, скручиванием) и (или) аэродинамическим (импульсной продувкой сжатым воздухом) способами. Поток газа, подлежащего обработке, может направляться либо изнутри рукава наружу, либо снаружи рукава вовнутрь. В случае содержания в поступающих отработанных относительно крупных частиц, для снижения нагрузки на рукавный фильтр, особенно при высокой концентрации частиц на входе, для дополнительной предварительной очистки могут использоваться механические коллекторы (циклоны, электростатические фильтры и др.).

### **Мониторинг**

Для обеспечения правильной работы фильтра следует применять одну или несколько из следующих функций.

Особое внимание уделяется выбору фильтрующего материала и надежности системы крепления и уплотнения. Проведение надлежащего технического обслуживания. Современные фильтрующие материалы, как правило, являются более

прочными и имеют более длительный срок службы. В большинстве случаев дополнительные затраты на современные материалы компенсируются продолжительным сроком службы.

Рабочая температура выше точки конденсации газа. Термостойкие рукава и крепления используются при более высоких рабочих температурах.

Непрерывный контроль содержания пыли путем улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра. При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для обнаружения отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные рукава.

Использование газового охлаждения и искрового гашения, если это необходимо. Циклоны считаются подходящими устройствами для искрового гашения. Большинство современных фильтров расположены в нескольких отсеках, поэтому в случае необходимости поврежденные отсеки могут быть изолированы.

Мониторинг температуры и искрообразования может применяться для обнаружения пожаров. На случай возникновения опасности воспламенения могут быть предусмотрены системы инертных газов или добавлены инертные материалы (например, гидроокись кальция) к отходящему газу. Чрезмерный перегрев ткани сверх расчетных пределов может вызвать токсичные газообразные выбросы.

Необходимо отслеживать перепад давления для контроля механизма очистки.

Рукавные фильтры широко применяются в странах северной и южной Америки, Европы, Африки, Азии, Австралии, России. К примеру, в России внедрены на предприятиях ООО "Сибэлкон", ЗАО "Кондор-Эко", ПАО "Гайский ГОК", с эффективностью очистки от пыли до 95 %.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли. Удаление твердых частиц размером до 2,5 мкм.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Удаления определенных газообразных загрязняющих веществ, возможно в случае сочетания их с системами, расположенными после пылеуловительной камеры с рукавными фильтрами и связанными с внесением дополнительных материалов, в том числе с адсорбцией и сухим вдуванием извести/бикарбоната натрия. При использовании рукавных фильтров отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2–4 года (срок службы зависит от различных факторов). Падение давления, которое следует компенсировать за счет подкачки, приводящей к дополнительному



энергопотреблению. Поскольку рукавные фильтры очень эффективно улавливают тонкодисперсные частицы, они также эффективно уменьшают выбросы тяжелых металлов, которые содержатся в пыли дымовых газов в виде субмикронных частиц.

Дополнительно возможно увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки. При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов в окружающую среду. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

### **5.4.2.5 Керамические и металлические мелкоячеистые фильтры**

#### **Описание**

С точки зрения принципов работы, общего устройства и возможностей очистки мелкоячеистые керамические фильтры похожи на рукавные фильтры. Вместо тканевых рукавов на металлическом каркасе в них используются жесткие фильтрующие элементы, по форме напоминающие свечу.

#### **Техническое описание**

С помощью таких фильтров удаляются мелкодисперсные частицы, в том числе РМ<sub>10</sub>. Фильтры имеют высокую термостойкость, и, зачастую, именно корпус фильтра определяет верхнюю границу рабочей температуры. Расширение опорной конструкции в условиях высоких температур также является важным фактором, поскольку при этом нарушается герметичность элементов фильтра в корпусе, что приводит к просачиванию неочищенного газа в поток очищенного. Системы обнаружения отказов в режиме реального времени используются аналогично рукавным фильтрам. Керамические и металлические сетчатые фильтры не такие гибкие, как рукавные. При очистке таких фильтров продувкой мелкая пыль не удаляется с той же эффективностью, как из тканевого фильтра, что приводит к накоплению тонкой пыли внутри фильтра и, таким образом, к уменьшению его производительности. Это происходит за счет накопления сверхтонкой пыли. Керамические фильтры производятся из алюмосиликатов и могут быть покрыты слоем различных фильтрующих материалов для улучшения химической или кислотной устойчивости, или для фильтрации других загрязняющих веществ. С фильтрующими элементами относительно легко обращаться, когда они новые, но после того, как они подвергнутся воздействию высоких температур, они становятся хрупкими, и их можно случайно повредить во время обслуживания или при неосторожных попытках очистки. Наличие липкой пыли или смолы представляет потенциальную проблему, поскольку их сложно извлечь из фильтра при обычной очистке, что может

привести к падению давления. Эффект воздействия температуры на фильтрующий материал накапливается, поэтому он должен быть учтен при проектировании установки. При применении соответствующих материалов и 199 конструкции можно добиться очень низкого уровня выбросов. Снижение уровня выбросов является важным фактором, поскольку пыль содержит большое количество металлов. Аналогичную результативность в условиях высоких температур также имеет и модернизированный металлический сетчатый фильтр. Развитие технологий обеспечивает быстрое образование пылевой корки после проведения очистки, когда соответствующая зона была выведена из эксплуатации. Надлежащим образом спроектированные и изготовленные фильтры подходящего под конкретные условия эксплуатации размера должны обладать следующими параметрами. Корпус, арматура и система уплотнения соответствуют выбранным условиям применения, надежны и термостойки. Непрерывный контроль пылевой нагрузки осуществляется с помощью отражающих оптических или трибоэлектрических устройств с целью обнаружения отказов фильтра. Устройство должно по возможности взаимодействовать с системой очистки фильтра для определения отдельных секций с изношенными или поврежденными элементами. В случае необходимости соответствующая подготовка газа. Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления. Из-за вероятности при некоторых условиях засорения фильтрующего материала (например, клейкой пылью или при температуре воздушных потоков, близкой к точке росы) эти методы не подходят для любых условий эксплуатации. Они могут применяться в существующих керамических фильтрах и могут быть модифицированы. В частности, система уплотнения может быть усовершенствована во время планового обслуживания.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо при модернизации и новом строительстве.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна, но процессы работают экономично.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

### **5.4.2.6. Применение мокрых газоочистителей для одновременного улавливания SO<sub>x</sub> и пыли**

## Описание

Метод предусматривает использование электрофильтра, в котором собранный материал смывается с пластин коллекторов с помощью жидкости, обычно воды. Для удаления капель воды перед выбросом отработанного газа устанавливается специальное устройство (например, влагоуловитель или конечное сухое поле).

## Техническое описание

Улавливание частиц с помощью мокрых скрубберов предусматривает использование трех основных механизмов: инерционное столкновение, задержание и рассеивание. Большое значение имеют размер собираемых частиц, а также их способность к смачиванию. Схема устройства радиального мокрого скруббера приведена на рисунке ниже.

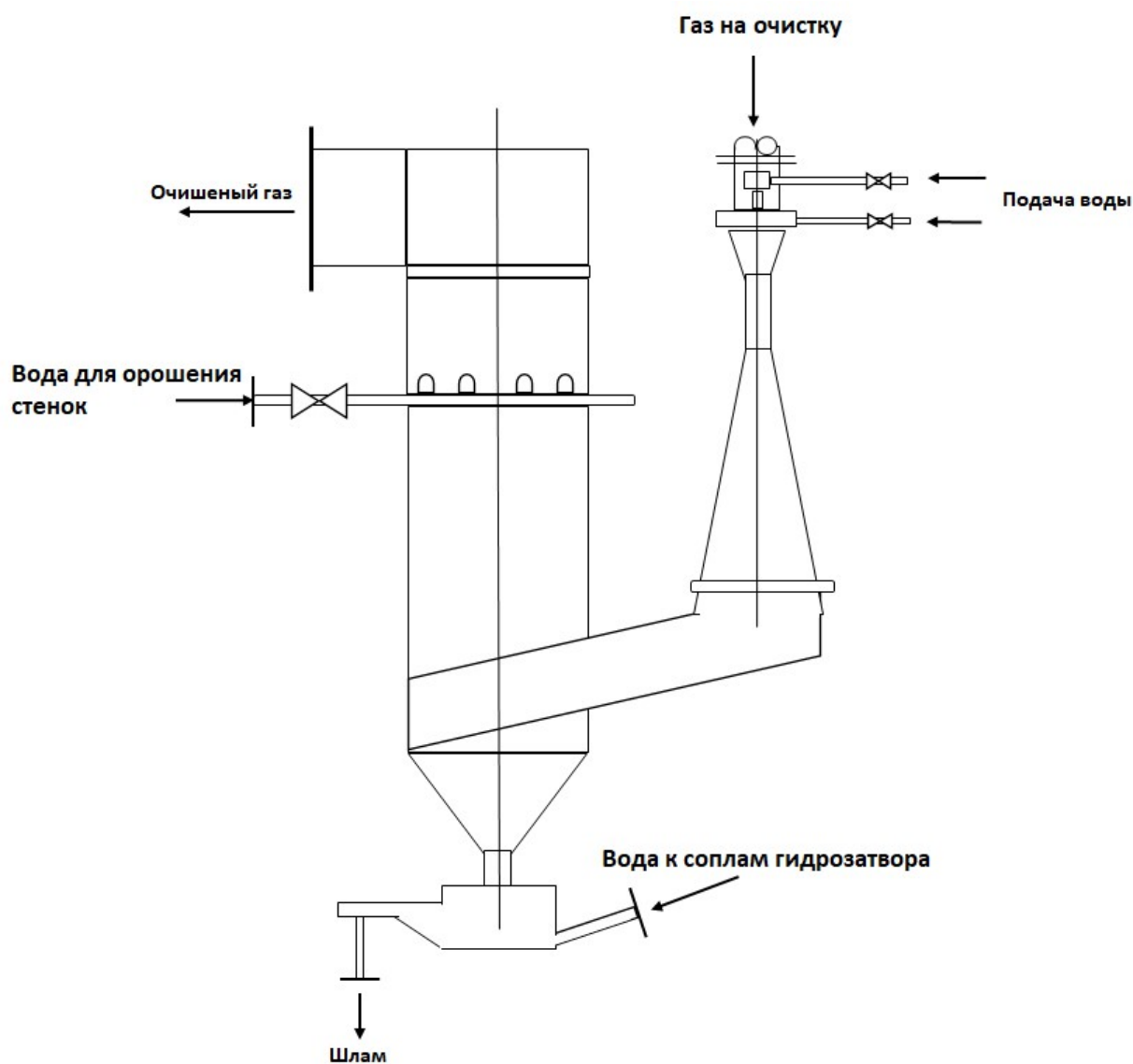


Рисунок 5.21. Радиальный мокрый скруббер

Мокрые скрубберы используются для охлаждения, насыщения и предварительной очистки газа, например, когда установлены перед мокрыми электрофильтрами. Отличительной их особенностью является захват улавливаемых частиц жидкостью, которая уносит их из аппаратов в виде шлама. В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях чаще всего используется вода. При совместном пылеулавливании и химической очистке газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

Мокрые аппараты имеют следующие достоинства: простоту конструкции и сравнительно невысокую стоимость; более высокую эффективность по сравнению с сухими механическими пылеуловителями инерционного типа; меньшие габариты по сравнению с рукавными фильтрами и электрофильтрами; возможность использования при высокой температуре и повышенной влажности газов; улавливания вместе с взвешенными твердыми частицами паров и газообразных компонентов. Типичные примеры: скруббер Вентури или радиальный скруббер с регулируемым падением давления.

Простейший скруббер Вентури включает трубу Вентури и прямоточный циклон.

Труба Вентури состоит из служащего для увеличения скорости газа конфузора, в котором размещают оросительное устройство, горловины, где происходит осаждение частиц пыли на каплях воды, и диффузора, в котором протекают процессы коагуляции, а также за счет снижения скорости восстанавливается часть давления, затраченного на создание высокой скорости газа в горловине. В каплеуловителе тангенциального ввода газа создается вращение газового потока, вследствие чего смоченные и укрупненные частицы пыли отбрасываются на стенки и непрерывно удаляются из каплеуловителя в виде шлама.

В центробежных скрубберах одновременно с охлаждением газов происходит адсорбция из них  $SO_2$ . Вследствие низкой степени очистки центробежные скрубберы типа ЦС-ВТЦ как пылеулавливающие аппараты в настоящее время не применяются, однако они широко используются в качестве каплеуловителей в скрубберах Вентури. В этом случае вода на орошение не подается.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Аппараты мокрого пылеулавливания проще по конструкции, но при этом обладают эффективностью, присущей наиболее сложным сухим пылеуловителям. Их легко изготовить непосредственно на химическом предприятии; как правило, они не имеют подвижных узлов, которыми часто оснащены сухие пылеуловители (например, узлы встряхивания в рукавных фильтрах).

Достоинствами мокрых пылеуловителей, по сравнению с аппаратами сухого типа: более высокая эффективность улавливания взвешенных частиц;

возможность очистки газов от более мелких частиц (в лучших мокрых аппаратах удается удалять частицы с размерами порядка 0,1 мкм);

допустимость очистки газов при высокой температуре и повышенной влажности.

Недостатки:

выделение уловленной пыли в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод, то есть с удорожанием процесса;

возможность уноса капель жидкости и осаждения их с пылью в газоходах и дымососах;

в случае очистки агрессивных газов необходимость защищать аппаратуру и коммуникации антикоррозионными материалами.

В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях чаще всего применяется вода; при одновременном решении вопросов пылеулавливания и химической очистки газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

В результате контакта запыленного газового потока с жидкостью в мокрых пылеуловителях образуется межфазная поверхность контакта. В различных аппаратах характер поверхности контакта фаз различный: она может состоять из газовых струек, пузырьков, жидкостных струй, капель, пленок жидкости. Поскольку в пылеуловителях наблюдаются различные виды поверхностей, то пыль улавливается в них по различным механизмам.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Скрубберы Вентури могут работать с высокой эффективностью (96–99 % на пылях со средним размером частиц 1-2 мкм) и улавливать высокодисперсные частицы пыли (вплоть до субмикронных размеров) в широком диапазоне ее начальной концентрации в газе: 0,05-100 г/м<sup>3</sup>. При работе в режиме тонкой очистки скорость газов в горловине должна поддерживаться в пределах 100–150 м/с, а удельный расход воды - в пределах 0,5-1,2 дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Это обуславливает необходимость большого перепада давления ( $\Delta p = 10 \div 20$  кПа) и, следовательно, значительных затрат энергии на очистку газа. Степень улавливания SO<sub>2</sub> водой обычно составляет 40–50 %.

На металлургическом заводе фирмы "ЛТВ Стил" в Чикаго (США), расположенном в промышленном районе с высоким уровнем загрязнения атмосферы, и на коксовой батарее металлургического завода фирмы "Соллак" в Сереманже (Франция) внедрена японская система бездымной загрузки (оснащена коксовая батарея № 1 (60 печей высотой 6,1 м.) [56].

Характеристика системы газоочистки приведена ниже:

количество поступающего на обеспыливание газа, тыс. м<sup>3</sup> /ч – 21;

содержание пыли:

в отсасываемых газах г/м<sup>3</sup> - 5–15;

в очищенных газах мг/м<sup>3</sup> - 60–80;

расход распыляемой воды, м<sup>3</sup> /ч - 25–80.

Циклон Вентури используется при сушке концентрата на участке ФРПО АО " ССГПО" в сушильных печах. Дымовые газы удаляются в газовый тракт котла и поступают в систему мокрой очистки, состоящей из труб Вентури и центробежных пылеуловителей типа МП-ВТИ (котлы №1–5) или в батарейный коагулятор с эмульгированным слоем (котел №6). Очищенный газ от шести котлов сбрасывается через дымовую трубу высотой 180,0 м. Проектная степень очистки составляет 98 %, фактическая 92,1 %.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо при модернизации и новом строительстве.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли и SO<sub>2</sub>.

### **5.4.2.7. Применение фильтров с импульсной очисткой**

#### **Описание**

Импульсный рукавный фильтр предназначается для очищения воздушных масс от различных мелкодисперсных пылевых скоплений. В этих приборах вмонтирована система регенерации импульсного продувания сжатыми воздушными массами. В качестве очистительного элемента выступают рукава на металлических опорах.

#### **Техническое описание**

Для предотвращения падения эффективности очистки из-за накопления слоя пыли на поверхности рукава применяется импульсная продувка рукавных фильтров. Ее использование обеспечивает регенерацию работоспособности оборудования и исключение снижения эффективности очистки.

Описание конструктивных элементов делает понятным принцип работы рукавного фильтра.

Запыленный поток подводится во входной клапан аппарата. В зависимости от имеющейся инфраструктуры могут использоваться вспомогательные элементы – пневмонасосы, компрессоры, напорные вентиляторы, иные нагнетатели. В случае обработки высокотемпературного потока может быть реализовано подмешивание в фильтр чистого прохладного / атмосферного воздуха.

Воздухопоток контактирует с внешней поверхностью плотных нетканых рукавов, при этом частички пыли оседают снаружи мешков, в то время как чистый воздух проходит внутрь каркасов и попадает в чистую камеру, откуда выводится в производственное помещение или во внешнюю атмосферу.

По мере оседания пылевых включений на поверхности рукавов, воздуху становится все сложнее "пробиться" сквозь нарастающую механическую преграду, и производительность аппарата падает – необходима регенерация рукавов.

В зависимости от имплементированной системы регенерации производится обратная импульсная продувка, встряхивание или другое воздействие на фильтр-элементы, что позволяет освободить их поверхность от пыли и восстановить номинальный КПД устройства.

Пыль опадает в бункер, цикл повторяется.

Все пылеулавливатели выгодно отличаются следующим диапазоном технических характеристик:

производительность по среде – до 100 000 м<sup>3</sup>/час;

дисперсность / размер улавливаемой пыли > 0.5 мкм;

работа с воздухопотоками любой степени запыленности;

ударный импульсный метод самоочистки рукавов – бесперебойность, высокая скорость и эффективность удаления пыли с картриджом благодаря использованию плоских сопел Вентури специальной конструкции;

фильтрующий материал – нетканое иглопробивное волокно;

возможность обработки потоков с температурой до 200 градусов Цельсия;

автоматизация системы управления аппаратом через электронный контроллер;

опционально – установка контроллер-совместимого дифференциального манометра для управления агрегатом;

опционально – установка вибросистемы на пылесборный бункер – для исключения налипания на стенки высокоадгезионной пыли. Возможно оборудование бункера шнеком для непрерывной выгрузки пыли;

надежность, компактность и долговечность.

Пример применения фильтров с импульсной очисткой: Китай, Россия, Австралия. К примеру, в Австралии внедрены на предприятиях "Vulga Coal" с эффективностью очистки от пыли 85 %.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов пыли.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Эффективность обеспыливания – до 99,9 % (при соблюдении правил эксплуатации и надлежащей наладке / настройке фильтра).

### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли.

## **5.5. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод**

### **5.5.1. Управление водным балансом горнодобывающего предприятия**

#### **Описание**

Предприятия горнодобывающей промышленности, относятся к числу производств, которые загрязняют окружающую среду сточными водами. В результате их работы происходит истощение запасов подземных вод в ходе осушения и эксплуатации месторождений, а также загрязнение поверхностных вод сбросами карьерных, шахтных и промышленных неочищенных сточных вод.

В данном разделе описаны техники, методы и/или совокупность методов, применяемых для снижения и предотвращения сбросов сточных вод.

#### **Техническое описание**

Эффективное управление водными ресурсами имеет важнейшее значение для большинства видов деятельности по добыче и обогащению полезных ископаемых, и данный аспект должен тщательно рассматриваться в ходе каждого цикла строительства и эксплуатации горного предприятия – от предварительного согласования и производства до вывода из эксплуатации и закрытия. Для охраны водных ресурсов от воздействия сточных вод и управлению их балансом при процессах добычи и обогащения необходимо выполнение таких мероприятий:

- разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия;

- внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе;

- сокращение водопотребления в технологических процессах;

- гидрогеологическое моделирование месторождения;

- внедрение систем селективного сбора шахтных и карьерных вод;

- использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение объемов водопотребления на технологические нужды.

Рациональное использование водных ресурсов.

Снижение количества энергоресурсов, используемых для выдачи сточных вод.

Снижение количества химических реагентов, используемых для дальнейшей очистки сточных вод.



Сокращение объема или исключение сброса сточных вод и концентраций в них загрязняющих веществ.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия с целью управления водопритокom шахтных и карьерных вод, водопотреблением и водоотведением технологических процессов и операций по добыче и обогащению полезных ископаемых, предусматривает:

перспективный водоприток шахтных и карьерных вод;

возможные изменения режима водопотребления и водоотведения, осушения и водопонижения, в увязке с водохозяйственным балансом;

предотвращение истощения и загрязнения водоносных горизонтов и поверхностных водных объектов;

рациональную организацию водопользования с минимальным объемом потребления свежей воды в технологических процессах;

возможность рециркуляции, очистки отработанной воды и повторного ее использования;

учет водохозяйственной обстановки на прилегающих территориях с целью выявления уязвимых компонентов (малых рек и ручьев, водно-болотных угодий и др.), зависимости местного населения от местных водных ресурсов.

Управление водным балансом горнодобывающего предприятия позволяет учитывать возможные изменения водопритока в горные выработки и водопользования, своевременно перераспределять потоки с целью регулирования гидравлических и других нагрузок на сети и сооружения, рационально использовать водные ресурсы.

Система оборотного водоснабжения обеспечивает многократное использование оборотной воды в технологическом процессе (например, бессточное хвостовое хозяйство с замкнутым водным циклом). Выбор схем оборотного водоснабжения определяется технологическим процессом, техническими условиями к качеству воды. Это позволяет сократить забор воды из природных источников (забор воды необходим только на подпитку системы), сократить объем или полностью исключить сброс сточных вод.

Повторное (последовательное) использование технической воды заключается в употреблении воды, использованной в одном производственном процессе, на другие технологические нужды. Например, вода, нагретая в процессе охлаждения оборудования компрессорной станции, может использоваться в системе отопления или на промывку оборудования перед ремонтом; ливневые сточные воды могут

использоваться в процессах пылеподавления, для полива растений, для мойки дорожной техники и т. д. Техника позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды.

Учитывая идентичность процессов водоотведения и водоотлива с предприятиями угольной промышленности, может стать полезным опыт Индии в использовании сточных вод шахт. Угольные компании Индии успешно используют шахтные воды – как из действующих, так и из заброшенных шахт. Наиболее яркими примерами реализации проектов являются следующие:

Вода из шахты NLCIL подается в столичный департамент Ченнаи по трубопроводу длиной 200 км для питьевых нужд. Две насосные станции поставляют в Ченнаи примерно 19611 тыс л в день, и эта подача очень помогает удовлетворить потребность в воде, особенно летом.

Поставка бутилированной воды от WCL – Coal Neer. Установка обратного осмоса (10 000 литров / час) была установлена на руднике и включает поэтапный процесс осаждения, фильтрацию через и обработку через установку обратного осмоса с последующей УФ-обработкой.

Кроме того, вводится фасованная питьевая вода "COAL NEER" с установкой завода по розливу RFC (мощность – 15000 бутылок в сутки), получившая сертификацию BIS& FSSAI. "COAL NEER" предлагается продавать по цене 7 рупий и 10 рупий за бутылку объемом 500 мл и 1 литр соответственно.

WCL заключила меморандум с MAHAGENCO о предоставлении избыточной шахтной воды в размере 107,6 тысяч кубометров в год для удовлетворения промышленных потребностей в воде для ТЭС. Ранее потребность ТЭС в воде покрывалась Пенчским ирригационным водохранилищем. Теперь сэкономленная вода из водохранилища Пенч используется для удовлетворения растущего спроса на воду в городе Нагпур [57].

Применение водосберегающих или безводных технологий, характеризующихся низким потреблением воды либо ее полным отсутствием, что позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды. Например, дозированная подача воды в производство, автоматическое отключение воды при остановке технологического процесса, кроме процессов охлаждения оборудования.

Разработанная и откалиброванная гидрогеологическая модель позволяет спрогнозировать величины притоков в выработки, в том числе на разные моменты времени в пределах горизонта планирования и на различных горизонтах. Ввиду того, что с течением времени притоки имеют тенденцию к снижению, разработка модели может позволить обосновать постепенную оптимизацию задействованного водоотливного оборудования. При оценке запасов подземных вод гидрогеологическое

моделирование позволяет учесть сложную внутреннюю структуру подземной гидросферы, включая гидравлическую связь между водоносными горизонтами и между подземными и поверхностными водами, а также сложные граничные условия

Для района влияния объектов Стойленского ГОКа НТЦ "НОВОТЭК" в 2005 году разработал компьютерную модель фильтрации подземных вод, которая постоянно обновляется и пополняется новыми результатами изысканий и геоэкологического мониторинга подземных вод [58].

Система раздельного сбора сточных вод заключается в разделении потоков сточных вод по степени и видам загрязнений для проведения локальной очистки оптимальным способом, максимального возврата в процесс очищенной воды; снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения. Техника позволяет сократить объем сброса сточных вод в водные объекты.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов на организацию системы водооборотного потребления воды.

Затраты на мониторинг качества воды и выявление загрязняющих веществ.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы (конструктивные и технические решения), применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Ограничения, связанные с: особенностями технологического процесса; техническими возможностями, конструктивными особенностями производственных объектов; климатическими условиями; качественным составом и объемом сточных вод.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

## **5.5.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод**

### **Описание**

Поступление воды в выработки характеризуют водоприток. Общий водоприток складывается из притока подземных и поверхностных вод, атмосферных осадков и технической воды, применяющейся в технологических процессах.

### **Техническое описание**

Техника заключается в сокращении воздействия на подземные воды и снижении гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей;

использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и др.;

оптимизация работы дренажной системы;

изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока;

отвода русел рек за пределы горного отвода;

недопущение опережающего понижения уровней подземных вод;

предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Рациональное использование водных ресурсов.

Сокращение объемов сточных карьерных и шахтных вод.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В горной практике для осушения карьерных и шахтных полей применяются поверхностный, подземный и комбинированный способы.

Для осушения и защиты горных выработок от поверхностных и подземных вод применяются: водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами; вакуумное водопонижение; подземные системы осушения, (дренажные штреки с фильтрами и колодцами и т.п. в период эксплуатации подземного месторождения функции дренажных выполняют также основные горные выработки); самоизливающие и поглощающие скважины; иглофильтровые установки; прибортовой дренаж; дренажные зумпфы, траншеи, канавы (в том числе, закрытые) и т.п.

На ОАО "Стойленский ГОК" осушение карьера ведется подземным дренажным комплексом дренажной шахтой на глубине более 200 м, перехватывающим основную часть потока подземных вод за пределами карьера по его контуру, и внутрикарьерными прибортовыми дренами – они перехватывают "проскок" подземных вод, выходящих на откосы карьера. Протяженность выработок Дренажной шахты достигает 56 км. В эксплуатации – 260 восстающих дренажных скважин. Откачка всех дренажных вод и атмосферных осадков производится главным водоотливом шахты. Производительность водоотлива достигает 7200 м<sup>3</sup>/ч. Для этого главный водоотлив оборудован 11 насосами ЦНС 850–240. Обоснованная "НОВОТЭК" возможность использовать дренажные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения СГОК покрыла его потребность в чистой воде. Реализация водоснабжения выполнена 5 насосами ЦНС 300x300. Опыт эксплуатации системы осушения карьера и проектные решения по развитию

дренажных работ на карьере СГОКа убедительно доказывают правильность выбранной стратегии защиты месторождения от подземных и поверхностных вод, ориентированной на подземный способ осушения [58].

Выбор видов и систем защиты горных выработок, типов защитных сооружений, устройств и мероприятий должен учитывать изменяющиеся с течением времени, по мере разработки месторождения, производственные и природные условия, форму и размеры защищаемого пространства.

Системы защиты, их развитие, конструкции защитных сооружений и устройств, защитные мероприятия должны быть взаимоувязаны с системами, методами и развитием разработки месторождения.

Регулирование поверхностного стока дождевых, талых и технических вод производится в пределах шахтного поля и самого карьера (площадок уступов, откосов, dna), а также в пределах некоторой полосы вокруг карьера.

Мероприятия по регулированию поверхностного стока сводятся к устройству нагорных и водоспускных канав, планировке территории вокруг карьера (с приданием поверхности уклона в сторону нагорных канав), а также к планировке площадок уступов.

Система отвода дождевых, талых и технических вод должна увязываться со всей системой дренажа месторождения; при этом в ряде случаев оказывается целесообразным применение единых водоотливных средств путем использования общих водосборников и насосов, устройства водосбросных скважин и т. д.

Отвод и осушение рек и водных коллекторов (озер, прудов, болот) применяется в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно. Реку или ручей отводят в новое забетонированное русло, также эффективным является отвод речных вод по трубам. Если русло реки проходит по слабопроницаемым покровным отложениям, то иногда бывает возможно отказаться от бетонирования, что должно подтверждаться фильтрационным расчетом.

### **Кросс-медиа эффекты**

Финансовые затраты. Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Противофильтрационные завесы, в отличие от водопонижения, не влекут за собой образования вредных стоков и истощения ресурсов подземных вод и не вызывают деформаций горных пород, земной поверхности и сооружений в районе защищаемых объектов.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты, необходимость проведения и поддержания в рабочем состоянии горных выработок при подземном способе осушения на карьерах.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Применимость способов осушения определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения.

Целесообразность отвода и изоляции постоянного коллектора обосновывается технико-экономическим расчетом, путем сопоставления стоимости отвода и тех дренажных мероприятий, которые нужно осуществить для обеспечения нормального хода горных работ на весь период эксплуатации месторождения.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

## **5.5.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры**

### **Описание**

Методы или их совокупность для снижения негативного воздействия на водные объекты.

### **Техническое описание**

Технологические операции по управлению поверхностным стоком включают:

- организацию системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов;

- перекачку сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище;

- отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенных участков, в том числе и выровненных, засеянных или озелененных, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод;

- очистку поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды;

- организацию ливнестоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмостков и облицовок с целью защиты от эрозии;

- организацию подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями;

- выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование перечисленных техник позволяет: сократить риск загрязнения почв, подземных и поверхностных вод, обусловленный инфильтрацией загрязненных

поверхностных сточных вод с территории породных отвалов; снизить негативное воздействие на водные объекты за счет сокращения объема сброса загрязненных сточных вод в водный объект.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Техника предусматривает управление ливневыми и талыми сточными водами территории наземной инфраструктуры горнодобывающего предприятия с учетом особенности размещения предприятия и его специфики с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем.

Организация системы водоотводных канав по контуру внешних отвалов вскрышных и вмещающих пород с учетом особенности территории размещения предприятия и его специфики, первичное осветление поверхностных сточных вод в оборудованном отстойнике и, при необходимости, их дальнейшая доочистка на локальных комплексах очистки сточных вод.

#### **Кросс–медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

#### **5.5.4. Применение современных методов очистки сточных вод**

Применение эффективных методов очистки сточных вод (шахтных, карьерных) с целью снижения уровня загрязнения сточных вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства.

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку сточных вод, определяется составом сточных вод, особенностями технологического процесса, техническими условиями к качеству воды (в случае оборотного водоснабжения или повторного использования), нормативами допустимого сброса, установленными с учетом качества воды водного объекта - приемника сточных вод.

Для определения оптимального способа минимизации объемов конечных стоков и концентрации в них загрязняющих веществ необходимо принимать во внимание следующие наиболее важные факторы:

- процесс, являющийся источником стоков;
- объем воды;

загрязняющие вещества и их концентрации;  
 возможности внутреннего повторного использования;  
 доступность водных ресурсов.

НДТ позволяет извлечь специфичные вещества (например, остатки реагентов) с целью их последующей утилизации или возврата в технологический процесс, а также обеспечить максимальный возврат очищенной воды в технологический процесс.

НДТ позволяет снизить негативное воздействие на водные объекты за счет обеспечения качества сбрасываемых сточных вод в соответствии со значениями технологических показателей.

Методы очистки воды по принципам действий перечислены на рисунке 5.22 В верхних квадратах рисунка основной принцип очистки и под ним перечислены методы, на которых основана нейтрализация или осаждение элементов и/или солей в виде взвешенных частиц.



Рисунок 5.22. Методы очистки сточных вод (дополнительная информация INAP 2009, ЕС 2009)

В верхних квадратах основной принцип очистки и под ним перечислены методы, на которых основана нейтрализация или осаждение элементов и/или солей в виде взвешенных частиц.

#### 5.5.4.1. Осветление и отстаивание

##### Описание

Отстаивание является наиболее простым и часто применяемым в практике способом выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, которые под



действием гравитационной силы оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхность. Первичными называются отстойники перед сооружениями для биологической очистки сточных вод; вторичными - отстойники, устраиваемые для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку.

### **Техническое описание**

Суть метода отстаивания состоит в том, что одни примеси оседают на дно, а другие поднимаются на поверхность, это зависит от плотности примеси в сравнении с плотностью воды. Как правило, отстаивание сточных вод в течение 6–24 часов позволяет удалить из сточных вод до 95 % взвешенных веществ. Отстойники бывают горизонтальные и вертикальные. В горизонтальных отстойниках поток сточных вод движется горизонтально, а в вертикальном отстойнике вертикально снизу-вверх. Основными преимуществами горизонтальных отстойников являются: малая глубина, хороший эффект очистки, возможность использования одного сгребющего устройства для нескольких отделений. К недостаткам их относится необходимость применения большего числа отстойников вследствие ограниченной ширины.

Вертикальные отстойники имеют преимущества по сравнению с горизонтальными; к числу их относятся удобство удаления осадка и меньшая площадь, занимаемая сооружением. Однако они имеют и ряд недостатков, из которых можно отметить: а) большую глубину, что повышает стоимость их строительства, особенно при наличии грунтовых вод; б) ограниченную пропускную способность, так как диаметр их не превышает 9 м. Осадок из вертикальных отстойников удаляют под действием гидростатического давления. Влажность осадка 95 %.

Преимуществами механического фильтрования являются простота аппаратного оформления, эффективная очистка от взвешенных частиц. Недостатком механического фильтрования является то, что при механической фильтрации их сточных вод не удаляются растворенные примеси.

Осадок из отстойников удаляется под гидростатическим давлением и с помощью различных механизмов (скребков, насосов, элеваторов и др.).

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение в сбросах взвешенных веществ до 95 %.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В осветлителях достигается снижение концентрации загрязнений на 70 % - по взвешенным веществам и на 15 % - по БПК за счет совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка.

Достижимый в производственных условиях эффект снижения концентрации взвешенных веществ не превышает 50–60 %.

### **Кросс-медиа эффекты**

Недостатком горизонтальных отстойников является неудовлетворительная надежность работы используемых в них механизмов для сгребания осадка тележечного

или цепного типа, особенно в зимний период. Кроме того, горизонтальные отстойники как прямоугольные сооружения при прочих равных условиях имеют более высокий (на 30–40 %) расход железобетона на единицу строительного объема, чем радиальные отстойники.

Недостатком вертикальных первичных отстойников являются простота большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр - 9 м, а также невысокая эффективность осветления воды (обычно не превышающая 40 % по снятию взвешенных веществ).

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод. На шахте "Шерегешская" (2021) установлено оборудование, которое предназначено для очистки шахтных сточных вод на выпуске в реку Большой Унзас. Очистка воды происходит за счет отстаивания и добавления реагентов. Очистка по взвешенным частицам, шламу и песку, достигает 98 %, по нефтепродуктам – 90 %.

Для очистки шахтных и оборотных вод обогатительных фабрик от взвешенных веществ в Дон УГИ разработана конструкция наклонного тонкослойного отстойника. Отстойник состоит из двух отделений - зоны осветления и зоны накопления осадка. Принцип действия наклонного отстойника заключается в следующем. Исходная вода подается в продольные распределительные каналы, откуда через щели, образованные наклонными направляющими плоскостями, она поступает в нижнюю часть наклонных ячеек. Наклонные плоскости, образующие ячейки, установлены под углом, большим естественного угла откоса осадка. Восходящий поток воды между наклонными плоскостями, имеет ламинарный характер, вследствие чего в пределах ячейки происходит интенсивное выпадение взвешенных частиц. Такая конструкция по сравнению с обычными горизонтальными отстойниками позволяет повысить нагрузку на сооружение в 45–50 раз. Такие отстойники эксплуатируются на шахтах "Кировская" и им. Газеты "Правда" ПО "Донецкуголь", шахте "Павлоградская" ПО "Павлоградуголь".

С целью повышения эффективности отстаивания применяют реагентную обработку воды коагулянтами или флокулянтами (сернокислый алюминий, хлористое железо, ПАА, полиэлектролит ВПК-402 и др.).

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ применяют аппараты гидроциклоны и центрифуги. Особенно широко для очистки шахтных вод за рубежом нашли применение гидроциклоны. Они успешно заменяют отстойники, имея ряд преимуществ перед ними: занимают малую площадь, имеют высокую степень очистки до 70 %, высокую производительность, не имеют подвижных частей, работа их может быть полностью автоматизирована. Наибольшее применение нашли напорные (закрытые) и безнапорные (открытые) гидроциклоны.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Снижение сбросов взвешенных веществ в сточных водах.

#### **5.5.4.2. Фильтрация**

##### **Описание**

Фильтрация представляет собой отделение твердых частиц от сточных вод, проходящих через проницаемую среду. Наиболее распространенной фильтрующей средой является песок.

##### **Техническое описание**

Как правило, методы фильтрации применяются для выделения твердых частиц из жидкости, а также в качестве последнего этапа осветления в процессе очистки сточных вод. Установка осуществляется между этапами отстаивания и заключительного контроля для удаления твердых частиц размером 0,001– 0,02 мкм, оставшихся после предыдущего этапа очистки. Фильтрация может выполняться с использованием самых разных фильтрующих систем в зависимости от типа твердых частиц, подлежащих удалению.

Обычная фильтрующая установка состоит из слоя фильтрующего материала или материалов, через который проходят жидкие стоки. Тонкие частицы, которые не могут пройти через фильтрующую среду, образуют фильтрационный кек, который необходимо постоянно или периодически удалять, например, путем обратной промывки, чтобы исключить значительные перепады давления. При низком уровне перепада давления сточные воды подаются на фильтрацию под действием гравитации.

Песчаные фильтры предназначены для механического удаления взвешенных твердых частиц или полутвердых материалов, например осадков или гидроксидов металлов. Очистка сточных вод путем песчаной фильтрации осуществляется благодаря комбинации эффектов фильтрации, химической сорбции и ассимиляции. Песчаные фильтры иногда используются в качестве сосуда под давлением, заполненного слоями песка, зернистость которого повышается по мере увеличения глубины. Изначально фильтрационный кек может способствовать повышению эффективности фильтрации, особенно в отношении мелких частиц. По истечении некоторого времени фильтрующий песчаный слой необходимо подвергать обратной промывке. Песчаные фильтры зачастую применяются для дополнительной очистки воды, сбрасываемой из замкнутого цикла, или стоков, которые затем могут использоваться в качестве технической воды. Схема устройства стандартного песчаного фильтра приведена на рисунке ниже.

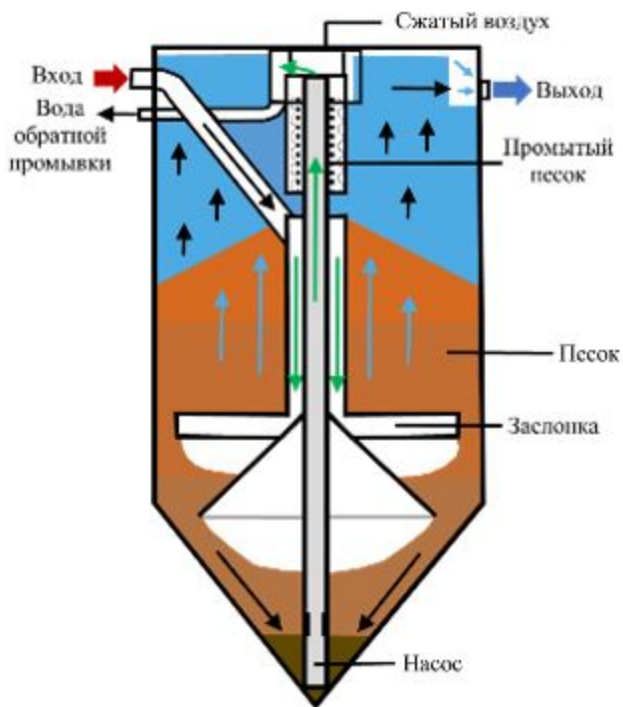


Рисунок 5.23. Схема песчаного фильтра

Чтобы добиться желаемого результата при удалении очень мелких частиц используется гиперфильтрация или обратный осмос. Гиперфильтрация предусматривает прохождение частиц молекулярной массой приблизительно от 100 до 500 мкм, тогда как ультрафильтрация применяется для частиц размером от 500 до 100 000 мкм.

Ультрафильтрация представляет собой простой и эффективный метод очистки сточных вод, однако для его применения требуется потребление энергии. Стоки проходят через ультрафильтрационную мембрану. Эта мембрана с очень мелкими порами пропускает молекулярные частицы, например, частицы воды, и препятствует проникновению более крупных молекулярных частиц. При использовании мембран очень тонкой очистки можно даже отфильтровывать очень мелкие частицы, такие как ионы металлов. В результате фильтрации с использованием мембраны образуются чистый фильтрат и концентрат, который может потребовать дальнейшей очистки.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду, эффективность очистки составляет до 70 %.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Возможность регенерации искусственных материалов, использованных в качестве загрузок.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

На шахте "Торезская" ПО "Дзержинскуголь" установлена фильтровальная станция с двумя напорными фильтрами типа ФОВ-2,0-0,6 (фильтр осветительный однокамерный) для очистки стоков от взвешенных веществ производительностью 90 м<sup>3</sup>/ч. Фильтр грубой очистки снижает содержание взвешенных веществ с 300 до 20 мг/л, а после фильтра тонкой очистки в очищенной воде остается не более 2 мг/л взвешенных частиц. Фильтрование через тонкие перегородки осуществляется по двум направлениям: фильтрование с закупориванием пор и фильтрование с образованием осадка.

Фильтрование с закупоркой пор осуществляется в вибрационных фильтровальных аппаратах с непрерывной регенерацией фильтрующей перегородки. Эти фильтры по сравнению с фильтрами с зернистой загрузкой имеют более высокую удельную производительность и меньшие габаритные размеры. Такая установка работает на шахте "Гусинозерская" ПО "Востокуголь" (Россия). Установка УВА - 300 (установка виброфильтровальная автоматизированная) производительностью 300 м<sup>3</sup> /час позволяет очищать шахтную воду с 1000 до 5–10 мг/л (если 2-х ступенчатая очистка, то до 1,5 мг/л) взвешенных веществ. Регенерация фильтров осуществляется в автоматическом режиме в зависимости от степени загрязнения шахтных вод. Вибрационные фильтры прошли испытания на шахтах "Кировская" ПО "Донецкуголь", "Степная" ПО "Павлоградуголь" и показали, что концентрация взвешенных веществ может быть снижена с 125 до 21 мг/л, а степень очистки составляет 35- 75 %.

#### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

#### **Движущая сила для осуществления**

Сокращение сбросов в водные объекты.

### **5.5.4.3 Сорбция**

#### **Описание**

Сорбционная очистка – это один из способов глубокой очистки вод, основанный на способности фильтрующего элемента задерживать примеси, находящиеся в жидкости. Такой метод используется, когда существуют высокие требования к составу воды.

Сорбционный фильтр – это один из дополнительных элементов очистных сооружений, предназначенный для более эффективной работы системы.

#### **Техническое описание**

Процессы сорбции – гетерогенный процесс улавливания металлов из растворов на поверхности (адсорбция) или всем объемом (абсорбция) сорбирующим веществом. В качестве сорбирующего вещества применяется активированный уголь, глины – бентониты, ионообменные смолы, шунгиты и цеолиты, раствор экстрагента в органических растворителях (керосин) и многое др. Необходимо подчеркнуть, что ежегодно разрабатываются новые виды и типы сорбентов (нанотрубки и подобное),

ионообменных смол более сотни в год. Применение того или иного сорбирующего агента зависит конкретно от условий, типа металла, рН, присутствие мешающих и загрязняющих веществ и др. Выбор сорбента производится на основании Технического задания – цель и задачи, условия и параметры. Определяется опытным путем и вносится в Проект установки проектной организацией.

Активированный уголь (кокосовый, древесный, каменный) считается одним из наиболее распространенных и эффективных сорбентов. Снижает уровень органических загрязнителей на 90–99 %.

Может использоваться в виде порошка или гранул. Эффективность зависит от суммарного объема микропор. Как правило, фильтры на основе активированного угля используются в виде нескольких слоев или картриджей, чтобы проскок материала через один фильтр компенсировался очисткой во втором фильтре. Затем отработанный фильтр заменяется и используется в качестве вторичного фильтра. Эта операция зависит от наличия надлежащего метода определения проскоков через фильтры.

К примеру, ИРВЕЛЕН-М – это фильтрующий материал, сорбент, который производится из первичного полипропилена и представляет собой бело-кремовое полимерное волокно с вкраплениями гранул и хлопьев, сшивающих структурообразующий материал в сетку и образованных под воздействием высоких температур.

Характеристика сорбента для фильтров ИРВЕЛЕН-М:

на ощупь похож на жесткую вату;

диаметр полимерного волокна - 100–250 мкм;

может быть использован при температуре от -50 °С до +90 °С;

высокая емкость поглощения волокна, которая способствует быстрому поглощению и последующему накоплению, и удержанию нефти, нефтепродуктов, некоторых элементов и соединений;

имея волокнисто-пористую структуру, ИРВЕЛЕН-М не поглощает воду, а беспрепятственно пропускает воду.

Материал обладает уникальной структурой, благодаря которой может осуществлять фильтрацию воды по:

тяжелым металлам (ванадий, алюминий, железо, кобальт, кадмий, литий, медь, марганец, мышьяк, свинец, никель, цинк, хром);

хлорорганическим соединениям (2-хлорфенол, пентахлорфенол, трихлорметан, тетрахлорметан, 1,1,1-трихлорэтан, пестициды-гамма-ГХГЦ);

органическим соединениям (альдегиды предельные, нефтепродукты, фенолы);

неорганическим соединениям (сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, фосфаты, азот аммонийных солей и аммиак).

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов органических веществ в воду.

## **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Зависит от конкретного объекта.

### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

Очистные сооружения, установленные для шахтного водоотлива на период консервации шахты на промплощадке ОАО "Междуреченская угольная компания-96", сооружены из стеклопластика Векса-100-М и Векса-240-МА для очистки шахтных сточных вод производительностью 100 л/с и 240 л/с, а для завершающего этапа очистки установлены станции ультрафиолетового обеззараживания сточных вод Argel UV-100 и Argel UV-60 производительностью 100 л/с и 60 л/с.

### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение сбросов в водные объекты.

## **5.5.4.4 Коагуляция, флокуляция**

### **Описание**

Данный метод состоит в добавлении реагентов, таких как сульфаты и хлориды алюминия и железа, гидросульфаты и гидроксохлориды алюминия в сочетании реагентов в целях корректировки значения рН и повышения интенсивности осаждения растворимых металлов.

### **Техническое описание**

Коагуляция. В качестве коагулянтов используются соли, образованные многозарядными катионами слабых оснований и анионами сильных кислот. В воде указанные соли подвергаются гидролизу с образованием комплексных ионов. Наибольшее распространение получили сульфаты и хлориды алюминия и железа. Образовавшиеся в процессе гидролиза коллоидные золи гидроксидов алюминия и железа коагулируют с образованием агрегатов. Последние вместе с частицами дисперсной фазы сточных вод осаждаются и, таким образом, очищают ее.

Гидролиз коагулянтов является одним из наиболее важных процессов коагуляции. Полнота его протекания влияет как на качество разделения суспензии, так и на расход коагулянта. Решающим фактором, который обеспечивает максимальную эффективность использования коагулянтов при очистке сточных вод, является создание условий для проведения гидролиза в необходимом направлении путем изменения концентрации коагулянта в дисперсной системе, значения рН и ионного состава дисперсной среды. В случае разделения дисперсных систем с отрицательным зарядом дисперсной фазы эти условия должны обеспечить получение положительно

заряженных гидроксокомплексов, в случае разделения дисперсных систем с положительным зарядом дисперсной фазы – отрицательно заряженных гидроксокомплексов.

Наряду с сульфатами и хлоридами алюминия и железа в последнее время все более широкое распространение находят коагулянты с повышенной основностью – гидросульфаты и гидроксохлориды алюминия. Преимущества дигидроксосульфата  $[Al_2(SO_4)_2(OH)_2] \cdot 11H_2O$  перед сульфатом алюминия заключается в более широком диапазоне pH, высокой хлопьеобразующей способности. Гидроксокомплексы, образующиеся при гидролизе этого вещества, несут более высокий положительный заряд. Его коррозионная активность значительно ниже, чем у сульфатов алюминия. В настоящее время наибольшее распространение получил пентагидроксохлорид алюминия  $Al_2(OH)_5Cl$ . Характерным отличием этого коагулянта является широкая зона оптимальных значений pH, особенно в кислой области. Коагулянт хорошо работает при разделении дисперсных систем с небольшим содержанием дисперсной фазы, отличается низкой коррозионной активностью.

Для коагуляции дисперсных систем с низким значением pH используют алюминат натрия. При более высоких значениях pH алюминат натрия применяют совместно с сульфатом алюминия.

Высокую эффективность во многих случаях дает применение смесей коагулянтов. При этом обеспечивается значительное расширение области оптимальных значений pH и температуры, хлопья осаждаются равномернее, чем в случае применения отдельных коагулянтов. Известно применение смеси  $Al_2(SO_4)_3$  и  $FeCl_3$  в соотношении 1:1.

**Флокуляция.** Для регулирования устойчивости дисперсных систем в последнее время все шире применяются различные водорастворимые полимеры, весьма малые добавки которых могут радикально изменить стабильность дисперсий. Они широко используются при очистке сточных вод от дисперсных примесей, концентрировании и обезвоживании суспензий, для улучшения фильтрационных характеристик осадков и т. д. В основе всех этих процессов, называемых флокуляцией, лежит изменение степени агрегации дисперсных частиц под влиянием ВМС. В отличие от компактных коагулянтов, образующихся в результате флокуляции, крупные агрегаты (флокулы), обладают значительной рыхлостью. Флокуляция, как правило, процесс необратимый: в этом случае невозможно путем уменьшения содержания в растворе реагента (как это наблюдалось при коагуляции) осуществить пептизацию (редиспергирование) осадка.

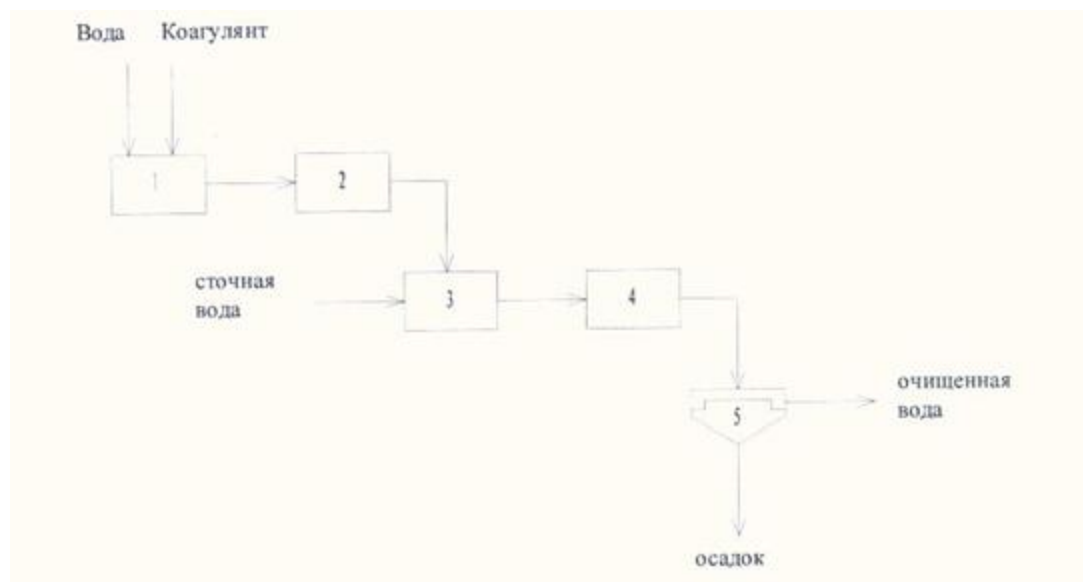
Высокомолекулярные флокулянты обычно подразделяются на три группы: неорганические полимеры, вещества природного происхождения и синтетические органические полимеры. Наиболее широкое применение нашел последний класс



флокулянтов. Наиболее распространенными флокулянтами являются ПАА, сополимеры акриламида, акрилонитрила и акрилатов, натриевые соли полиакриловой и полиметакриловой кислот, поли-диметиламиноэтилакрилаты (ПДМАЭА) и др.

Процесс очистки сточных вод коагуляцией и флокуляцией состоит из следующих стадий: приготовление рабочих растворов коагулянтов и флокулянтов, дозирование и смешение реагентов со сточной водой, хлопьеобразование, осаждение хлопьев.

Приготовление рабочих растворов осуществляется в гидравлических или механических смесителях. Концентрация рабочих растворов коагулянтов обычно составляет 3–5 %, иногда до 7 %, концентрация рабочих растворов флокулянтов – до 1 %. После смешения сточной воды с рабочими растворами коагулянтов, которое может осуществляться также в гидравлических или механических смесителях, воду направляют в камеры хлопьеобразования, куда могут добавляться флокулянты для интенсификации данного процесса. Используют перегородчатые, вихревые и с механическими мешалками камеры. Образование хлопьев в камерах происходит медленно – за 10–30 минут. Осаждение хлопьев происходит в отстойниках, осветлителях и других аппаратах, рассмотренных ранее. Иногда стадии смешения, коагулирования и осаждения проводят в одном аппарате.



1 – емкость для приготовления раствора; 2 – дозатор; 3 – смеситель;  
4– камера образования хлопьев; 5 – отстойник

Рисунок 5.24. Схема процессов коагуляции и флокуляции

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение сбросов загрязненных сточных вод.

Чтобы обеспечить максимальную эффективность удаления металлов, наиболее важным фактором является выбор осадителей. Существуют примеры, демонстрирующие, что использование реагентов на основе сульфидов может

обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. Правильное значение pH в течение всего процесса очистки стоков, также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений pH.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер принимающего водного объекта и скорость потока. Уменьшение объемного расхода в пользу более высоких концентраций приводит к сокращению потребления энергии для очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к образованию стоков с более высокими концентрациями, но с более высокой скоростью восстановления по сравнению с менее концентрированными потоками, что позволит в целом улучшить удаление загрязняющих веществ. Эффективность очистки может достигать 90–95 %. Расход коагулянта зависит от его вида, а также состава и требуемой степени очистки сточных вод и составляет 0,1-5 кг/м<sup>3</sup> сточных вод. На ООО "Ловозерский ГОК", рудник "Карнасурт" используются реагенты: флокулянты – "Магнафлок 333", "Праестол 2515"; коагулянты – полиоксихлорид алюминия ("Аква-Аурат-30"), хлорид железа (FeCl).

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение энергопотребления. Применение добавок. Образование отходов, подлежащих утилизации.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо на новых и действующих установках.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

## **5.5.4.5 Химическое осаждение**

### **Описание**

Данный метод состоит в добавлении реагентов, таких как известь, едкий натрий, сернистый натрий, или сочетания реагентов в целях корректировки значения pH и повышения интенсивности осаждения растворимых металлов.

### **Техническое описание**

Химическое осаждение используется главным образом для удаления из стоков растворимых ионов металлов. Растворимые металлы можно осадить из сточных вод путем корректировки значения pH. В стоки добавляется реагент, например известь, гидроксид натрия, сульфид натрия или комбинация реагентов, что приводит к

образованию нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче отделить, и часто используется для повышения производительности системы очистки.

Для удаления из стоков таких металлов, как железо, свинец, цинк, марганец и т. д., обычно используется осаждение. Гидроксиды металлов, как правило, нерастворимы, поэтому для их осаждения широко используется известь.

Сульфиды металлов также нерастворимы, и в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и тримеркаптосульфотриазин (ТМС). Биологический способ также применяется при получении  $H_2S$  с помощью сульфатвосстанавливающих бактерий, при этом газ переносится на стадию осаждения газом-носителем. Осаждение сульфидов может в результате обеспечить более низкие значения концентрации определенных металлов в очищенных стоках в зависимости от значения рН и температуры, а сульфиды металлов могут быть возвращены на этап плавки. Можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала посредством гидроксида, а затем с помощью сульфидного осаждения. В целях удаления избыточных сульфидов, после осаждения, возможно добавление сульфата железа.

На многих установках, где удаляются металлы, одной из главных проблем для достижения необходимых предельных значений стоков является коллоидное состояние осажденных металлов. Оно может возникнуть в результате некачественной нейтрализации и флокуляции. Для улучшения состояния осаждаемого металла можно использовать различные флокулянты и коагулянты, и поставщики таких материалов способны проводить испытания на осадках и указывать правильный коагулянт.

Состав стоков меняется в зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие потоков сточных вод. Часто для оптимизации эксплуатационных характеристик требуется адаптация технологических параметров.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

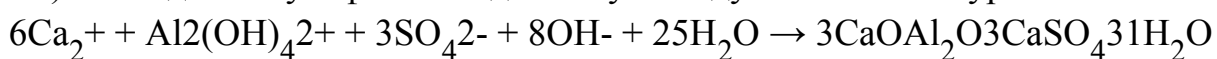
Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения зависит от следующих факторов:

выбор химического осадителя;

количество добавляемого осадителя;

эффективность удаления осаждаемого металла;  
поддержание правильного значения рН в течение всего процесса очистки;  
использование железистых солей для удаления определенных металлов;  
использование флокулирующих или коагулирующих реагентов;  
колебание состава сточных вод и наличие комплексообразующих ионов.

Данные методы очистки шахтных вод прошли промышленные испытания или были внедрены на предприятиях США, Канады, России и Китая. Для повышения эффективности очистки шахтных вод предложены различные методы доочистки предварительно осветленных нейтрализованных стоков. Наиболее часто используются методы обработки с использованием алюминий содержащих реагентов (средних и основных солей), а также гидроокиси алюминия, получаемой в процессе электрохимического растворения металла при обработке стоков в электро- или гальвано коагуляторах. Основная цель использования соединений алюминия – выделение сульфатов в виде гидросульфоалюмината кальция  $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$  (ГСАК). Осаждение сульфатов по данному методу описывается уравнением:



Глубина выделения сульфатов данным методом зависит от расхода алюминийсодержащего реагента. Минимальное содержание сульфат-ионов в осветленной воде определяется растворимостью ГСАК и составляет 25 мг/дм<sup>3</sup>.

Локальные очистные сооружения подотвальных сточных вод с территории рудника “Купол”, Кинросс Голд установлены для очистки дренажных и ливневых сточных вод с территории золотодобывающего рудника “Купол” (400 км северо-западнее г. Анадырь, Чукотский автономный округ):

Векса-100-С производительностью 100 л/сек для очистки дренажных вод;

Векса-100-С в количестве 3-х шт для очистки поверхностного ливневого стока и шахтного водоотлива;

установка Argel UV-10 для обеззараживания сточных вод;

ARD-зумпф для очистки подтоварной воды.

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение энергопотребления. Применение добавок. Образование отходов, подлежащих утилизации.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо на новых и действующих установках.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

#### 5.5.4.6 Нейтрализация

##### Описание

Для нейтрализации кислых вод используют гидроксид натрия NaOH, гидроксид калия KOH, карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , аммиачную воду  $\text{NH}_4\text{OH}$ , карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ , карбонат магния  $\text{MgCO}_3$ , доломит ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), цемент. Наиболее доступный реагент - гидроксид кальция (известковое молоко  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) с содержанием 5–10 % активной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Иногда для нейтрализации применяют отходы производства, например, шлаки металлургических производств.

##### Техническое описание

Нейтрализация применяется для очистки кислых сточных вод, содержащих металлы (тяжелые металлы), повышением величины рН кислых растворов путем добавления щелочных реагентов с целью образования осадка.

Величина рН раствора регулируется для образования и осаждения гидроксидов металлов в воде. Как правило, данный процесс проводится перед основным этапом очистки сточных вод.

Для нейтрализации применяется любой щелочной реагент, чаще всего известь-пушонка, известковое молоко, карбонаты кальция и магния в виде суспензии. Подача извести в пределах предприятия должна быть механизирована. Гашение реагента выполняется в специальных машинах, конструкции Руссола и Полякова. Крупные фракции извести должны предварительно дробиться. Известковое молочко готовится в мешалках с оборотами лопастей не менее 40 об/минуту. Его концентрация определяется по активности окиси кальция в пределах от 5 до 10 %.

Использование в качестве реагента для нейтрализации шахтных вод щелочные отходы содового производства. Для нейтрализации шахтных вод в качестве реагента возможно использование отходов содового производства. При смешивании шахтной воды со шламами происходит повышение величины рН за счет взаимодействия ионов тяжелых металлов с карбонатом и гидроксидом кальция, которые являются основными компонентами отходов. При этом происходит перевод ионов Fe, Mn, Zn и др.

Достоинством нейтрализации является возможность предварительной очистки сточных вод, с целью увеличения эффективности процесса эффективности процесса очистки в целом.

Этот метод наиболее широко используют для нейтрализации кислых вод. Поскольку в кислых и щелочных производственных сточных водах практически всегда присутствуют ионы металлов, то дозу реагента определяют с учетом выделения в осадок солей тяжелых металлов. Процессы реагентной нейтрализации производственных сточных вод осуществляются на нейтрализационных установках или станциях.

Время контакта сточных вод и реагента должно быть не менее 5 мин. Для кислых сточных вод, содержащих растворенные ионы тяжелых металлов, это время должно быть не менее 30 мин.

ОАО "Учалинский ГОК" осуществляет обработку стоков комбинатов основана на реакции нейтрализации свободной серной кислоты, определяющей низкие значения pH очищаемых вод, с последующим образованием гидроксидов тяжелых металлов и сульфата кальция (в виде гипса). При этом на станцию нейтрализации поступает смесь всех образующихся стоков – шахтных, подотвальных, дебалансных. Основной реагент – 5 % раствор известкового молока. На выходе показатель по железу составляет 0,21 мг/дм<sup>3</sup>, по меди – 0,024 мг/дм<sup>3</sup>, по цинку – 0,09 мг/дм<sup>3</sup>, по взвешенным веществам – 56,4 мг/дм<sup>3</sup>.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

С 2016 года на действующей станции нейтрализации Учалинского ГОК введен в эксплуатацию узел обезвоживания осадка, близится к завершению строительство пруда-стабилизатора, предназначенного для отстаивания осветленных вод после многоступенчатой очистки.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Недостатком данного способа является образование вторичных химических отходов, состоящих из кристаллического кальцита, кварца, калиевых полевых шпатов, утилизация которых затруднена.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ.

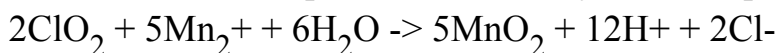
### **5.5.4.7 Окисление**

#### **Описание**

Окислительный способ очистки применяют для обезвреживания сточных вод, содержащих токсичные и неприятно пахнущие примеси. В процессе окисления токсичные загрязнения в результате химических реакций переходят в менее токсичные, которые удаляют из воды.

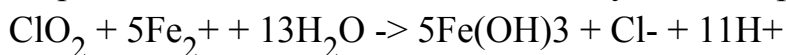
#### **Техническое описание**

Диоксид хлора эффективно окисляет марганец (II) до марганца (IV) с выпадением в осадок оксида марганца. Поскольку хлорит-анион также реагирует с Mn (II), то вся реакция может быть представлена следующим образом:



Реакция протекает быстро и интенсивно, уже через 5 минут более 99 % оксида марганца может быть удалено фильтрованием. Этой реакции способствует скорее слабощелочная, чем кислая среда.

Диоксид хлора легко окисляет железо (II) в железо (III) с выпадением в осадок гидроксида железа (III). Поскольку хлорит-анион также легко взаимодействует с Fe (II), то вся реакция может быть записана следующим образом:



Далее образующийся осадок удаляют методом фильтрования. Этой реакции также способствует нейтральная и слабощелочная среда.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Для окисления 1 мг марганца необходимо 2,5 мг диоксида хлора при pH>7. Для окисления 1 мг железа необходимо 1,3 мг диоксида хлора при pH>5.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Процесс окислительного осаждения Mn (II) "активным хлором" сопровождается образованием осадка, что обуславливает необходимость последующего применения процессов извлечения его отделения из водных растворов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ.

### **5.5.4.8. Ионный обмен**

#### **Описание**

Ионообменный процесс, как правило, проходит в колонне, наполненной гранулами ионообменной смолы. Обмен начинается в верхней части колонны и затем проходит через нее, поддерживая тем самым равновесное состояние процесса обмена.

#### **Техническое описание**

Ионообменный процесс иногда применяется в качестве заключительного этапа очистки при удалении металлов из технологических сточных вод. С помощью ионного обмена удаляются нежелательные ионы металлов из сточных вод путем их переноса на

твердую матрицу при одновременной отдаче равного количества других ионов, имеющих в структуре ионообменника.

Как правило, ионообменный процесс используется при концентрации металлов менее 500 мг/л.

Емкость ионообменника ограничена количеством ионов, имеющих в структуре ионообменника. Поэтому необходимо проводить регенерацию ионообменника с помощью соляной кислоты или каустической соды.

Ионообменники могут использоваться для удаления определенных металлов из сточных вод. Такой избирательный процесс ионного обмена гораздо более эффективен при очистке стоков от токсичных металлов. Кроме того, колонна может обеспечивать очень высокий уровень очистки и эффективность при работе со смешанными стоками. На ОАО "Электросталь-металлургический завод" установлена комплексная станция подготовки воды 5 м<sup>3</sup>/ч: аэрация, обезжелезивание, комплекс пропорционального дозирования, установка обратного осмоса. К примеру, фильтры от компании Гейзер.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов в воду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Возможность очистки до требований ПДК. Возврат очищенной воды до 95 % в оборот. Возможность утилизации тяжелых металлов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Необходимо проведения предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики. Большой расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол. Необходимость предварительного разделения промывных вод от концентратов. Образование вторичных отходов-элюентов, требующих дополнительной переработки.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

#### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение сбросов в водные объекты.

### **5.6. НДТ, направленные на сокращение воздействия отходов процессов добычи и обогащения**

#### **5.6.1. Использование отходов добычи и обогащения в качестве сырья или добавки к продукции во вторичном производстве и строительных материалов**

##### **Описание**

Техника состоит в использовании основных технологических отходов добычи (вскрышные и вмещающие породы, породы от обогащения) с целью производства



строительных материалов, материалов для рекультивации, отсыпки технологических дорог.

Таблица 5.7. Использование отходов горнодобывающей промышленности в отраслях

№ п/п	Отрасль использования	Вид получаемой продукции
1	2	3
1	Строительные материалы	вяжущие; керамика; огнеупоры; бетоны; асфальтобетоны; пенобетоны; сухие строительные смеси; минеральная вата; другие виды материалов
2	Строительство	отсыпка дорог; заполнение выработанного пространства горных выработок; обустройство нефтяных скважин; балласт на буровых платформах; укрепление дорожного полотна; защитные сооружения
3	Сельское хозяйство	минеральные удобрения; компонент комплексных удобрений; мелиоративный слой
4	Металлургия	металлы; оксиды металлов; "белая сажа"; жидкое стекло; флюс
5	Другие отрасли	сорбенты; реагенты для очистки воды в открытых водоемах; искусственные геохимические барьеры; другие виды материалов

### Техническое описание

Основными продуктами, получаемыми из отходов обогащения, являются щебень и песок различной крупности, шлам и т.д.

Щебень – материал крупностью более 5 мм, получаемый разделением на фракции отходов обогащения сухой магнитной сепарации и отсадки.

Песок – материал крупностью 0,14–3(5) мм, получаемый разделением на фракции отходов мокрой сепарации, флотации, и класс минус 5 мм, выделяемый сухой магнитной сепарацией. Тонкозернистый песок – материал крупностью менее 0,14 мм.

Щебень, полученных из отходов обогащения, используется для: производства тяжелых бетонов, строительства автомобильных дорог, устройства балластного слоя внутризаводских железнодорожных путей, создание искусственных оснований под фундаменты зданий, обратных засыпок, производства холодного асфальта.

При определении наиболее рациональных областей применения песков на основе хвостов обогащения руд необходимо исходить из фактической их крупности.

Пески крупностью плюс 0,14 используются в строительстве: в качестве мелкого заполнителя для приготовления тяжелого бетона и раствора, в асфальтобетонных

смесях (в качестве заполнителя), для производства силикатного и шлакового кирпича, а также в качестве отощающей добавки для изготовления глиняного кирпича, в качестве балластного материала, при производстве деталей и конструкций широкой номенклатуры для жилищно-гражданских промышленных зданий, и сооружений.

Тонкозернистые пески крупностью менее 0,14 мм являются эффективным сырьем для автоклавного и безавтоклавного производства изделий и конструкций из тяжелого и ячеистого силикатобетонов, могут использоваться в асфальтобетонных смесях (в качестве минерального порошка) и для получения шлакового бесклнкерного цемента.

По технологическим и физико-механическим показателям ячеистые бетоны на тонкозернистых песках из отходов обогащения соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к ячеистым конструктивным и конструктивно-теплоизоляционным бетонам.

Для доизвлечения руд применяются различные способы обогащения: обратная флотация, флотация хвостов, прямая флотация руды, сухая магнитная сепарация, магнитно- флотационный способ и др. Вместе с тем они не всегда эффективны для обогащения окисленных немагнитных руд.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение воздействия, обусловленное изъятием земель с целью организации объектов размещения отходов, загрязнением почв, подземных и поверхностных вод, обусловленное инфильтрацией загрязненных вод, сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от эксплуатации объекта.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

На АО "ССГПО" хвосты сухой магнитной сепарации железнодорожным транспортом направляются на склад отвальных хвостов и используются для производства стройматериалов, включая балластировку забойных и отвальных железнодорожных тупиков при их переукладке в карьерах, отвалах и отсыпке автомобильных дорог Соколовского, Сарбайского, Куржункульского и Качарского карьеров.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Капитальные затраты на строительство инфраструктуры и приобретение оборудования БЗК.

При использовании систем разработки с твердеющей закладкой значительная доля затрат (до 15–25 %) в добыче руды приходится на закладочные работы.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо. При разработке железорудных месторождений вскрышные массивные породы используются, в основном, в качестве щебня в бетоны. В частности, на примере Лебединского ГОКа наглядно прослеживается использование пород, входящих в состав вскрыши, в производстве строительных материалов.

Дробильно-сортировочная фабрика ГОКа выпускает высококачественный щебень из кристаллических сланцев для дорожного строительства и из кварцитопесчаников для получения тяжелых бетонов.

Представленные методы и технические решения общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера.

На рудниках Республики Казахстан наиболее рациональной технологией производства закладочных смесей является мельничный способ на основе цементно-шлакового вяжущего с использованием в качестве заполнителя смеси дробленной горной массы и отходов горно-металлургического производства.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Использование отходов в различных отраслях позволит уменьшить себестоимость материалов, расширить сырьевую базу строительной индустрии, улучшить экологию районов, где проводится добыча полезных ископаемых, а также получить дополнительную прибыль горным предприятиям.

Эффективность применения систем разработки с твердеющей закладкой подтверждается на горно-обогатительном комбинате "Химрудтех". Достигнута высокая производительность труда, снижены потери полезного ископаемого с 30 до 4,4 %. Разубоживание руды уменьшилось на 3–4 %, а объем ее добычи руды из целиков возрос до 50–60 % по сравнению с 5–10 % при системах разработки с обрушением боковых пород.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение отходов производства при добыче и обогащении руд цветных металлов . Требования экологического законодательства.

## **5.6.2. Использование пресс-фильтров для обезвоживания отходов обогащения**

### **Описание**

Фильтр-прессы применяются для фильтрования широкого класса суспензий, а также пригодны для разделения суспензий с небольшой концентрацией твердых частиц и суспензий с повышенной температурой, охлаждение которых недопустимо вследствие выпадения кристаллов из жидкости.

### **Техническое описание**

Принцип действия заключается в фильтрации осадков под большим давлением, обеспечивающим максимально возможное удаление влаги из осадков. Они являются фильтровальными аппаратами периодического действия. Процесс обезвоживания на них осуществляется в несколько стадий в зависимости от конструкции фильтра и используемого технологического режима.

Фильтр-пресс предназначен для обезвоживания осадков и шламов, которые были предварительно сгущены до 3–5 % гравитационным или механическим способом. При

необходимости в обработке не сгущенного осадка может использоваться комбинация из фильтр-пресса и сгустителя, надстроенного сверху. Это дает возможность сэкономить место и повысить производительность обработки шламoв. Ленточный пресс-фильтр может иметь автоматическую, полуавтоматическую конструкцию, а также неавтоматизированную (подразумевает производство работ за счет ручного труда).

Сначала осадок обрабатывается раствором флокулянта с целью улучшения его водоотдающих свойств. Специальный шламoвый насос транспортирует его из сборных емкостей в барабан для предварительного сгущения на верхней ленте фильтр-пресса. Затем происходит гравитационное сгущение и уравнивание поступающего на сетку потока. Напор подаваемой в аппарат суспензии является основным фактором всего процесса фильтрования. Под давлением обрабатываемое вещество поступает внутрь системы с плотно сжатыми фильтровальными лентами и валами. Здесь осадок зажимается между двумя перфорированными лентами и проходит через несколько (обычно 12 или 14) валов уменьшающегося диаметра. Это обеспечивает постепенное повышение давления на шлам, за счет чего оптимизируется процесс прессования и повышается производительность системы в целом. Твердая фаза задерживается на поверхности фильтровального полотна, а жидкая свободно проникает через фильтровальную ткань и далее через систему каналов выводится из фильтра. Обезвоженный осадок при помощи скребка удаляется с ленты, а затем сбрасывается в устройство выгрузки. В нижней части пресса предусмотрен специальный лоток для сбора фильтрата, а для очищения лент – две промывочные линии, которые непрерывно обрабатывают их из форсунок перед поступлением новой партии осадка.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Улучшение экологических показателей за счет снижения водопотребления.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Снижение эксплуатационных затрат, снижение эмиссий.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Повышение производительности, качества выпускаемого концентрата. Снижение потерь по выпуску концентрата. Легкая управляемость процессом (выпуск концентрата с заданными качественными показателями).

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Пресс-фильтры используются в любых отраслях промышленности, в том числе горной, которые требуют осуществления эффективного обезвоживания шламoв и суспензий, получения низкой влажности осадка и высокой чистоты фильтрата.

#### **Экономика**

Данная техника не является новой. Схема и технология рассчитывается в этапах проектирования. Стоимость, затраты, экономика рассчитывается при проектных работах и закладываются в эксплуатационные параметры предприятия.

Экономические выгоды: превращение отходов в строительный материал, снижение расходов воды за счет ее вторичного использования, снижение расходов на утилизацию шламового осадка, снижение расходов на утилизацию загрязненной воды.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения служат повышение производительности, качества выпускаемого концентрата, снижение потерь по выпуску концентрата и улучшение экологических показателей.

### **5.6.3. Использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения**

#### **Описание**

Керамические вакуум-фильтры предназначены для разделения суспензий с относительно однородным составом и медленно осаждающимися частицами твердой фазы.

#### **Техническое описание**

Керамический дисковый вакуум-фильтр состоит из: керамических секторов, ротора, ванны, устройства регенерации (ультразвуковая), рама, вакуум система, трубопроводная система, устройство выгрузки осадка, клапана и система управления фильтром.

Керамический вакуум-фильтр имеет высокий КПД, что способствует увеличению производительности и интенсивности эксплуатации. Отсутствие фильтровальной ткани дает возможность использовать более глубокий вакуум и как результат получать более сухой осадок. Использование керамического фильтра той же поверхности фильтрования, что и обычный дисковый позволяет экономить до 85 % электроэнергии. Наличие маленьких микропор, позволяет получать более чистый фильтрат, как правило 21 мг/л.

Керамический фильтр в основном состоит из таких частей, как роликовая система перемешивания, система подачи и разгрузки материала, вакуумная система, система разгрузки фильтрата, скреперная система, система обратной промывки, система комбинированной очистки (ультразвуковая очистка, автоматическая очистка с приготовлением кислоты), система полностью автоматического управления, корыто и станина.

На данный момент данное оборудование широко применяется для обезвоживания концентратов и хвостов цветных металлов, редких металлов, черных металлов, и неметаллов, а также для обезвоживания оксида, шлака электролиза, шлака выщелачивания в химической промышленности и переработки сточной воды, жидкой грязи и отработанной кислоты. Тонкость материала составляет от -200 до -450 меш и другие сверхмелкие материалы.

Характеристики:

высокая степень вакуума керамико-дискового фильтра от 0,09 до 0,098 МПа обеспечивает низкое содержание влаги фильтровального осадка;

содержание твердых веществ в фильтрате составляет 50 м.д. Фильтрат подвергается вторичному использованию, что снижает сброс сточных вод.

В отличие с обычными керамическими фильтрами керамические вакуум-фильтры имеют функция промывки фильтровального осадка и пригодны для фильтрации материалов, подвергающихся промывке.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества: отсутствие аэрозольных выбросов в рабочей зоне, чистота фильтрата до 0,001 г/л, не загрязняющая производство и окружающую среду, низкое потребление энергии за счет попадания фильтраты в поры под действием капиллярной силы, автоматически.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Высокая удельная производительность – в 1,5–5 раз выше, чем у аналогичных фильтров с тканевой фильтрующей перегородкой. Низкая влажность кека – возможность снижения влажности кека до 5 % при удельной плотности концентрата 7,5 г/см.куб. Экономия энергоресурсов – снижение энергопотребления в 10–20 раз за счет отсутствия энергоемкого оборудования: вакуум-насоса, воздухоотдувки и прочее.

Снижение эксплуатационных затрат:

сокращение простоев для замены фильтрующей перегородки;

сокращение затрат на замену фильтрующей перегородки;

отсутствие абразивного износа деталей в системе отвода фильтрата.

Экологические преимущества:

отсутствие аэрозольных выбросов в рабочей зоне;

чистота фильтрата до 0,001 г/л, не загрязняющая производство и окружающую среду.

Операционные преимущества:

снижение объема работ по обслуживанию фильтра;

компактность автономных систем фильтра, позволяющая уменьшить производственные площади;

непрерывность работы фильтра при высокой степени автоматизации.

Высокий коэффициент использования за счет простой конструкции фильтра с малым объемом технического обслуживания.

Высокая надежность за счет небольшого количества движущихся частей и малой зависимости от вспомогательного оборудования.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Применение азотной кислоты для очистки керамопластин.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо.

## **Экономика**

Основное преимущество перед другими системами фильтрации – снижение энергопотребления до 90 %, так как воздух не проходит через диски за счет использования капиллярной силы, действующей на поры. Прорыву воздуха препятствуют мелкие поры фильтра, что позволяет поддерживать более высокий уровень вакуума. Следовательно, потери вакуума меньше, а это означает, что требуемый вакуумный насос меньше, чем в обычных дисковых фильтрах, что сводит к минимуму эксплуатационные расходы. Мощность, потребляемая вакуумным керамическим фильтром 45 м<sup>2</sup> площади фильтрации составляет 15 кВт, при этом 170 кВт потребляют аналогичные фильтры с тканевыми мембранами. Еще одним преимуществом вакуумного керамического фильтра является высокая производительность при очень низком содержании воды и более сухой фильтровальной лепешке. Вакуумные керамические фильтры также имеют более длительный срок службы, в то время как тканевые фильтры необходимо заменять, что в конечном итоге увеличивает содержание влаги в осадке, снижает производительность и нарушает производственные операции. Кроме того, керамический фильтр достаточно надежен как механически, так и химически, чтобы выдерживать регенерацию.

### **Движущая сила внедрения**

Увеличение производительности, улучшение качества продукции, экономические стимулы в виде эффекта, выраженного в сокращении потребления электроэнергии и приросту по выпуску дополнительного концентрата, низкие эксплуатационные расходы.

#### **5.6.4. Использование отходов при заполнении выработанного пространства**

##### **Описание**

Использование пустых пород и/или хвостов обогащения в закладочных смесях для заполнения подземных пустот.

##### **Техническое описание**

Заполнение выработанного пространства карьеров отходами горнодобывающей деятельности (вскрышные и вмещающие породы, хвосты) следует расценивать как ликвидацию горных выработок, являющуюся одной из стадий технической рекультивации. Использование отработанных карьеров для внутреннего отвалообразования является примером комплексного подхода к освоению участков недр земли. Данный способ применяется для решения проблем сокращения затрат на транспортирование вскрышных пород и уменьшения изъятых территорий на поверхности для размещения отходов добычи полезных ископаемых.

Для рудных месторождений распространение получила засыпка внутреннего пространства расположенных вблизи отработанных карьеров. Такой способ использования выработанного пространства применен на карьере "Старый Сибай"

башкирского медно-серного комбината, на юго-восточном участке карьера "Объединенный" на учалинском ГОке, на карьерах объединений "Южуралникель", "Севбокситруда", Донского ГОка и др.

При системах с закладкой выработанного пространства используют отходы переработки руд, как при формировании несущих массивов, так и в качестве сыпучей закладки. Ограничения в полном использовании хвостов для закладки подземного выработанного пространства создает их шламовая часть. Преодолевают это ограничение путем совершенствования способа подачи техногенной смеси в выработанное подземное пространство, используя добавки, связывающие воду и шламовую часть и соответствующим образом подготавливая закладочную массу. Используют механическую или пневматическую подачу обезвоженных материалов, гидравлическую подачу тиксотропных смесей.

Перспективные и широко применяемые технологии размещения отходов обогащения руд разработаны с появлением нового класса оборудования для обезвоживания текущих отвальных хвостов до состояния пасты - пластинчатых и пастовых сгустителей. Технология пастовой закладки позволяет использовать выработанное пространство карьера, в том числе при комбинированной геотехнологии, в качестве емкости для складирования отходов обогащения руд. Минимальное выделение воды из пастовой закладочной смеси снижает риск затопления участка ведения подземных работ под дном карьера, что позволяет проводить рекультивацию его выработанного пространства на этапе развития подземных горных работ.

Особенность технологии размещения текущих хвостов обогащения руд в выработанное горное пространство состоит в том, что они подаются в карьерное или подземное пространство в виде продукта, обезвоженного (сгущенного) до состояния пасты (процент твердого около 70 %), а для изоляции сооружается искусственный массив требуемой мощности.

Одна из наиболее распространенных схем утилизации текущих хвостов обогащения в выработанном подземном пространстве - это пастообразная закладка выработанного пространства рудника с установкой узла обезвоживания на дневной поверхности. Данная технология предусматривает строительство узла обезвоживания на промплощадке подземного рудника, строительство гидроизоляционных перемычек. Преимуществом данной технологии является отказ от складирования текущих хвостов в хвостохранилища, снижение экологической нагрузки на окружающие территории, использование оборотной воды. Основным недостатком являются высокие затраты на строительство комплекса обезвоживания, подземного закладочного комплекса (ПЗК), на транспортирование пастообразной закладочной смеси. Данная технологическая схема применялась на Учалинском ГОке при подготовке текущих хвостов обогащения для их дальнейшей утилизации в шахте.



Одним из способов использования отходов в горнодобывающей промышленности является закладка выработанного пространства подземных горных выработок, реализованная на многих рудниках.

При системах с закладкой возможно использование отходов как при формировании искусственных твердеющих массивов, так и в качестве закладочных материалов. Вовлечение отходов добычи и обогащения руд в производство твердеющих закладочных смесей является важным направлением по пути к сокращению объемов накопления отходов.

Твердеющая закладка основана на использовании трубопроводного гидравлического и пневматического транспорта твердеющих закладочных смесей и заполнении ими выработанного пространства. Твердеющая закладка получила широкое применение благодаря своему основному преимуществу – возможности создания монолитного массива необходимой прочности.

Твердеющая закладка успешно применяется за рубежом в Канаде, США, Японии, Швеции, Финляндии, Индии, Германии, Австралии при разработке полиметаллических, медных, железных и других руд. В настоящее время системами с твердеющей закладкой в странах СНГ добывается 25 % руд цветных и ценных металлов, в Австралии - 30 %, в Канаде - 40 %, в Финляндии - 85 %, во Франции - 87 %. Это свидетельствует об эффективности применения этих систем разработки, несмотря на дополнительные расходы, которые перекрываются качеством полученной продукции и отсутствием затрат на обогащение.

Выемку запасов руд системами разработки с твердеющей закладкой на сегодняшний день в Казахстане осуществляют или планируют осуществлять на многих горнодобывающих предприятиях. На подземных рудниках ТОО "Корпорация " Казахмыс", ТОО "Востокцветмет" KAZ Minerals PLC и ТОО "Казцинк" применяется также гидравлическая и сухая породная закладка выработанного пространства [59, 60].

Анализ составов твердеющей закладки зарубежных и отечественных рудников показал, что наиболее часто используют в качестве вяжущих материалов – цемент, шлак, пирротин, хвосты обогащения. Из инертных заполнителей распространены хвосты обогащения, песок, отвальная горная порода, щебень, гравий, известняк, шлак и др. (рис. 5.25) [61, 62].



Рисунок 5.25. Диаграмма использования вяжущих (а) и инертных материалов (б) в закладочных работах (%)

В последние годы горнорудные предприятия ТОО "Казцинк" стали уделять большое внимание вопросам рационального недропользования, в частности утилизации пустой породы от проходческих работ в закладку, а также использования шахтных вод для приготовления закладочных смесей. В результате проведенных на руднике исследовательских работ разработаны и внедрены в производство рациональные схемы подачи пустой породы от проходческих работ в пустоты отработанных камер без выдачи породы на поверхность [63].

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение объемов образования и накопления отходов добычи и обогащения.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Для устранения проблемы возможного загрязнения грунтовых вод требуется проводить обезвоживание хвостов.

При использовании систем разработки с твердеющей закладкой значительная доля затрат (до 15–25 %) в добыче руды приходится на закладочные работы.

Высокая металлоемкость закладочных комплексов предопределяет их стационарное расположение и ограничивает область применения систем с твердеющей закладкой. При этом постоянное перемещение очистных работ приводит к увеличению расстояния транспортирования твердеющей смеси, что требует дополнительных затрат на сохранение ее технологических свойств и на перемещение смеси.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные методы и технические решения общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера.

На рудниках Республики Казахстан наиболее рациональной технологией производства закладочных смесей является мельничный способ на основе цементно-шлакового вяжущего с использованием в качестве заполнителя смеси дробленной горной массы и отходов горно-металлургического производства.

#### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Эффективность применения систем разработки с твердеющей закладкой подтверждается на горно-обогатительном комбинате "Химрудтех". Достигнута высокая производительность труда, снижены потери полезного ископаемого с 30 до 4,4 %. Разубоживание руды уменьшилось на 3–4 %, а объем ее добычи руды из целиков возрос до 50–60 % по сравнению с 5–10 % при системах разработки с обрушением боковых пород [64].

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение отходов производства при добыче и обогащении руд цветных металлов . Требования экологического законодательства.

#### **5.6.5. Использование отходов при ликвидации горных выработок**

##### **Описание**

Использование отходов и технологических остатков добычи и обогащения полезных ископаемых на техническом этапе рекультивации нарушенных земель при подтверждении возможности использования: вскрышных и вмещающих пород; хвостов ; отходов производства цветных металлов; золошлаков; других видов отходов.

##### **Техническое описание**

При рекультивации и ликвидации выработанных карьеров предлагаются способы совмещения проведения технического этапа рекультивации для открытых горных выработок с подготовкой подстилающих слоев и ПСП.

Сущность способов сводится на первом этапе к закладке выработанного пространства разреза вскрышными породами, не представляющими потенциальной опасности для загрязнения подземных вод, из внешних отвалов, из исходного состояния разреза до уровня заполнения выработанного пространства подземными водами (У-У). Первый этап заканчивается отделением заполненного пространства водоупорным слоем глины мощностью 0,8–1,0 м.

На втором этапе выработанное пространство заполняется промышленными отходами, обеспечивая их захоронение, который отделяется водоупорным слоем глины мощностью 0,5–0,7 м.

На третьем этапе выполаживаются откосы бортов по линии среза бортов С-С, для планировки заданного угла восстановленной территории с использованием остатков вскрышных пород внешних отвалов, а затем наносится водоупорный слой глины 0,5–0,7 м для предотвращения перехода загрязняющих веществ отходов в плодородный слой.

На четвертом этапе в зависимости от вида планируемой растительности и глубины ее корневой системы, а также вида переработанного отхода на площади рекультивируемого пространства формируется плодородный слой из плодородных или потенциально плодородных почв послойно, сверху и/или снизу слоя остатков сточных вод, донного ила, отходов животноводства мощностью 0,1–0,2 м, слоя котельного шлака дробленного.

Вариантов формирования плодородного слоя при наличии разнообразных отходов, может быть, бесчисленное множество и зависит от количества полезных веществ в них, выбранной растительности и многих других факторов, определяющих экономическую целесообразность использования материалов. Возможно перемешивание материалов в соотношении 1:1– 1:2 в зависимости от типа растительности и укладка единым слоем мощностью 0,2–0,6 м. На пятом этапе на рекультивируемую площадь наносится ПСП мощностью 0,15– 0,2 м или потенциально ПСП мощностью 0,3–0,5 м, в который для улучшения плодородия вносят брикетированное удобрение из остатков сточных вод с расходом 100–180 г/м<sup>2</sup>.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение складирования отходов и технологических остатков.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

НДТ позволяет сократить изъятие земель под объекты размещения отходов, загрязнение почв, поверхностных водных объектов и подземных вод. Также сокращаются затраты на технический этап рекультивации, расходы на транспортировку отходов до объектов размещения отходов. Снижение пыления до 60 г пыли/т хвостов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо при ликвидации и рекультивации карьеров.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Применения данного мероприятия позволяет сократить затраты, связанные с рекультивацией, а также с транспортировкой отходов.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение отходов и технологических остатков при добыче и обогащении руд цветных металлов. Требования экологического законодательства.

### **5.6.5. Переработка отходов добычи и обогащения (вторичные минеральные ресурсы, техногенные месторождения) с целью извлечения основных и попутных ценных компонентов**

#### **Описание**

Вторичные минеральные ресурсы в горнодобывающей отрасли – это горные породы и отходы обогащения, которые можно применять в производстве в качестве исходного сырья, или как конечный материал – в качестве дополнительных материальных ресурсов.

Основными источниками вторичных ресурсов в горнодобывающей отрасли служат техногенные отходы, образующиеся при добыче и обогащении (переработке)

минерально-сырьевых ресурсов и сконцентрированные в техногенных образованиях (породные, шлаковые и зольные отвалы, хвостохранилища и т. п.).

В данном разделе описаны методы, техники или их совокупность для промышленного использования, локализации и нейтрализации техногенных и природно-техногенных объектов.

### **Техническое описание**

Типичные этапы технологических процессов в горнодобывающей промышленности включают в себя добычу полезного ископаемого, его обработку с получением полезной продукции, отгрузку, организованное складирование отходов добычи и переработки сырья.

Технологические условия ведения горных работ характеризуются:

неэффективным использованием запасов, с нередко практикующейся выборочной обработкой богатых запасов, что ведет к ухудшению их структуры;

высоким уровнем потерь полезных ископаемых на стадиях добычи и переделов;

применением технологий и систем обработки месторождений, ведущих к увеличению объемов отходов.

При добыче вместе с полезным ископаемым извлекаются пустые породы, а при обработке образуются хвосты. Отходы (пустые породы и хвосты), складированные в отвалах и хвостохранилищах, при производстве товарных железных руд, медных, цинковых и пиритных концентратов содержат значительное количество меди, цинка, серы, редких элементов и в дальнейшем могут быть вторично переработаны или использованы в различных целях.

Данное мероприятие может быть реализовано путем:

ревизионного апробирования хвостохранилищ и отвалов на содержание в них попутных ценных компонентов, переоценка их и, при положительных результатах, - проведение ГРП с разработкой технико-экономического обоснования повторной разработки и обогащения накопленных хвостов обогащения и заскладированных пород ;

более полного использования на экономической основе попутно добываемых вскрышных пород.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение объемов образования и накопления отходов добычи и обогащения. Освобождение занимаемых отходами земель и их рекультивацию, и ликвидацию источников загрязнения окружающей среды. Рациональное использование минеральных ресурсов в недрах, так как запасов полезных компонентов, накопившихся в отходах ГОКов, достаточно чтобы удовлетворить потребности на многие десятилетия вперед. Улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на поверхности в отличие от все более глубокозалегающих обычных месторождений полезных ископаемых.

## **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Техногенные месторождения (ТМ) представляют собой новый источник минерального сырья, формирующийся в процессе горнопромышленного производства. Привлекательными особенностями для освоения техногенных месторождений является поверхностный характер залегания, расположение в преимущественно освоенных районах, раздробленность рудной массы и своеобразие минерального состава руд. Они могут служить крупным потенциальным источником различных полезных компонентов, в т. ч. цветных, редких, благородных и других металлов [65].

ТМ цветных и редких металлов объединяют ТМ, возникающие при добыче, сложенные вскрышными и вмещающими породами и некондиционными рудами, представлены рыхлыми, полускальными и скальными горными породами, и рудами различного вещественного состава, слагающими коренные месторождения и при обогащении и переработке продуктов обогащения руд цветных (Cu, Zn, Pb, Al и Mg) и редких (Ni, Sn, Mo, W, Bi, V, Co, As, Sb и Hg) металлов, представленными хвостохранилищами, сложенными измельченным материалом с водонасыщением до 20-50 %, плотностью от 1,5 до 2,5 т/м<sup>3</sup> и содержанием глинистых частиц до 50 %. Как правило, ТМ этой группы относятся к месторождениям смешанного типа, т.е. пригодны как для доизвлечения металла, так и получения стройматериалов. Металлоносные участки представлены системой разобщенных пластообразных, линзообразных, изометрических и неправильной формы тел. В хвостохранилищах помимо цветных и редких металлов наблюдаются повышенные содержания благородных металлов (Ag, Au, Pt) и редкоземельных и рассеянных металлов (Ge, Se, Te и др.).

Примером реализации переработки ТМ от процессов добычи в РК является проект, реализуемый ERG Recycling. В июне 2021 года компания начало эксплуатационную разведку и попутную селективную добычу отвала вскрышных пород "Объединенный" Донского ГОКа. Отвал вскрышных пород "Объединенный" сформирован в период 1940–1992 гг в результате карьерной разработки месторождений хромовых руд Южно-Кемпирсайского горнорудного района.

Перспективы освоения данного объекта связаны с запасами хромсодержащих пород, так называемой образованных "дуг", образованных в результате выгрузки на отвал пород и некондиционных руд во время эксплуатации карьеров, а также с прогнозными ресурсами нижележащих горизонтов этих рудо содержащих залежей.

Была предложена послойная селективная система разработки, с опережающим проведением разведки и вскрышных работ. Данная система разработки в сложных геологических условиях отвала оправдала себя в процессе работ в 2021 году. Техника заключается в технологии селективной выемки на основе механизации процессов с использованием экскаваторов малого и среднего класса при отработке техногенных залежей маломощных рудо содержащих пород, образованных железнодорожным и

автомобильным транспортом (технология формирования отвалообразования), обеспечивающей дополнительными минеральными сырьевыми ресурсами с вскрышных отвалов ТМО.

Эксплуатационно-разведочные работы заключались в сгущении сети горных выработок (канал) до 25 м между разведочными канавами, которыми были выявлены хромсодержащие толщи.

В процессе геологического сопровождения забоя отслеживались рудоносные слои, в том числе с использованием данных эксплуатационной разведки. В результате указанных работ была обеспечена полнота выемки продуктивной толщи; соблюдены границы распространения хромсодержащих пород, что позволило рационально использовать горнотранспортное оборудование.

Работы по экскавации горной массы производились экскаваторами со средней вместимостью ковша (1,5–2,0 м<sup>3</sup>). Качество хромсодержащих слоев и слагающих ими толщ оценивалось при геологической документации одной из стенок канавы, с применением проведения опробования стенок канавы задириковым способом.

Вся порода из отвала ТМО направляется на склад и в соответствии с конфигурациями 700–800 тонн укладывается в штабели. После чего проводится апробирование штабелей для определения содержания каждого штабеля ТМО.

Отгрузка минерального сырья на переработку осуществляется со склада с соблюдением необходимых пропорций поставки по сортам. Процесс усреднения состоит при этом в чередовании отгрузки отдельных сортов полезного ископаемого из сортовых штабелей в заданном ритме. В 2021 г. году был достигнут объем добычи 165 тыс. тонн со средним содержанием CrO 20–25 %. Средняя ширина добычного забоя вирировалась от 4 до 12 м.

Подобная тенденция использования вторичных ресурсов наблюдается в Канаде, Великобритании, ЮАР Испании и других странах. К примеру, в Канаде из отходов меднорудных предприятий, содержащих 0,45 % Cu достигается извлечение 40 % меди благодаря новым способам обогащения (кучного кислотного выщелачивания, кучного пиритного и бактериального выщелачивания); в штате Монтана (США) из отвалов рудника Мандиски получают ежегодно 2 т Au и 4 т Ag при содержании в отвалах золота – 0,84 г/т и серебра – 2,8 г/т., в штате Мичиган (США) из хвостов обогащения, содержащих 0,3 % Cu, достигнуто извлечение 60 % меди; в Болгарии из отходов, содержащих 0,1–0,15 % Cu, получают медный концентрат, себестоимость которого в 3 раза ниже, чем при получении его из природного сырья; в ЮАР из отвалов золотоизвлекательных фабрик при содержании золота – 0,53 г/т и урана – 40 г/т получают 3,5 т золота и 696 т урана в год при производительности 50000 т/сутки. Например, в США еще в 1993 году доля вторичного сырья в производстве цветных металлов составляла: по меди – 55 %, вольфраму – 28 %, никелю – 25 %.

В результате НИР ГП "Невскгеология", регионального отделения КМА Академии Горных наук, НПЦ "Экоресурсы" для решения острой проблемы очистки территорий от техногенных загрязнений и попутного извлечения полезных и токсичных компонентов предложена технология обработки техногенных и природно-техногенных месторождений с помощью мобильных технологических комплексов на базе оригинальных технических решений (рис. 5.26).

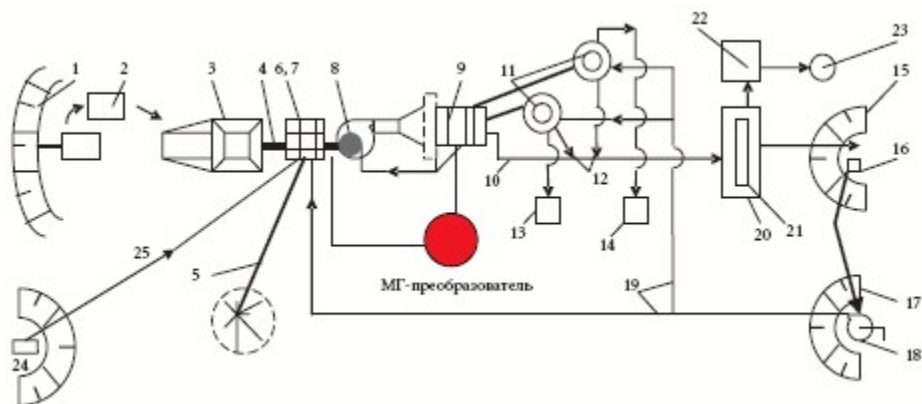


Рисунок 5.26. Схема цепи аппаратов автономного мобильного технологического комплекса по переработке и утилизации техногенных и природно-техногенных месторождений

Технологический комплекс предназначен для глубокой переработки техногенного сырья с извлечением полезных компонентов (золота, платины, палладия, серебра; немагнитных железа-гематитов и др.) и удаление вредных примесей (ртутьсодержащих и тяжелых металлов, радионуклидов) из хвостов обогатительных фабрик предприятий цветной и черной металлургии.

Технологический комплекс работает следующим образом: отходы (хвосты) из отвала (хвостохранилища) подаются автотранспортом в приемный бункер через колосниковый грохот, выделяющий включения крупностью +50 мм. Песок из бункера с помощью ленточного питателя и лотка подается на виброгрохот, установленный над зумпфом. Пульпоприготовление осуществляется за счет подачи технической воды на лоток, виброгрохот и зумпф в объеме 3–4 м<sup>3</sup>/т исходного продукта. Надрешетный продукт виброгрохота (+2 мм ... 50 мм) подается ленточным конвейером на склад, а подрешетный продукт (-2 мм ... +0 мм) из зумпфа в виде гидросмеси поступает по всасывающему патрубку в кавитационную гидродинамическую роторную мельницу. Здесь происходит измельчение (диспергирование), раскрытие мелкозернистых материалов за счет высокоинтенсивных гидродинамических ударов и кавитации.

Разрушение сростков минералов тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Kd, Se и др.), в благородных металлах, (золото, платина, палладий, серебро) с кварцем и другими минералами осуществляется на более слабых по прочности контактах металлов с



неметаллами (согласно эффекту Ребиндера), что в значительной степени облегчает выведение из хвостов ОФ ртути, тяжелых металлов-токсиканов и драгметаллов.

Из мельницы пульпа направляется в многопродуктовый гидрокласификатор (МГК), где поток ламинизируется в лабиринте параллельных пластин и разделяется на фракции, отличающиеся плотностью и гранулометрическим составом зернистого материала, которые осаждаются на наклонных поверхностях, выполненных из специального материала (ламелях). В первом отсеке гидрокласификатора выделяются фракции (+0.2 мм...2.0 мм), которые виброгрохотом направляются в гидродинамическую мельницу для доизмельчения. В последующих секциях выделяются минералы, тяжелые металлы, ртуть, вредные компоненты, Си, Zn, Pb и другие.

В нижних накопительных камерах МГК происходит обогащение драгметаллов и тяжелых металлов, а также других руд, до концентрации в 10 раз и более от исходного (1-я стадия). Далее (до 80 %) большая часть пульпы с растворенными токсинами, радионуклидами и другими тонкодисперсными вредными включениями через сливной патрубок гидрокласификатора направляется в тонкослойный отстойник. Из накопительных нижних камер гидрокласификатора обогащенная гидросмесь минералов направляется на вторую стадию обогащения в концентраторы, в которых степень концентрации металлов увеличивается на 2–3 порядка (например, 2–3 кг/т исходного продукта по золоту при годовом выпуске концентрата 8–20 тонн).

Из концентраторов основная часть пульпы в виде обезметалленного продукта, выход которого более 90 %, с растворенными в нем токсинами и радионуклидами через неподвижные сливные коробки и сбросной пульповод направляется в тонкослойный отстойник с коагулятором. В отстойнике гидросмесь с тонкодисперсными частицами (менее 5–40 мкм.) с помощью коагулятора сгущается до состояния Т:Ж = 1:1. Сгущенная тонкодисперсная суспензия с обезметалленными продуктами направляется в карту складирования – отвал, имеющий сбросной колодец. Осветленная вода с растворенными токсинами и радионуклидами направляется в узел выделения радионуклидов и токсинов, после которого они направляются в соответствующие могильники РАО и токсинов. Очищенная от тонкодисперсных частиц и вредных примесей техническая вода из колодца поступает в прудок-отстойник, откуда насосом обратного водоснабжения по напорным водоводам возвращается в аппараты комплекса.

На выходе комплекса выделяются тяжелые металлы и промпродукт (драгметаллы, ртуть).

Кроме того, технологический комплекс оснащен МГ-преобразователем тепловой энергии в электрическую, что обеспечивает его автономную работу.

В технологической схеме предусмотрена возможность разработки хвостов земснарядом с доставкой гидротранспортом по пульповоду непосредственно на гидрогрохот для переработки токсичных илистых отложений.

Модуль обеспечивает производительность: по твердому – 35 т/ч, по гидросмеси – 165 м<sup>3</sup>/ч; годовую – при сезонном режиме работы 7,5 месяцев и 3- сменной работе – 112 тыс.т. Установленная мощность электродвигателей – 150–200 кВт.

Выход полезных продуктов в год взят на основе опытно-промышленных испытаний и расчетов основных узлов комплекса (таких как РГДМ), выполненных в НПЦ "Экоресурсы" [66].

Предлагаемая технология переработки техногенных отходов (хвостов обогащения, эфелей, шламохранилищ) позволяет:

обеспечить устранение и захоронение вредных примесей, в том числе и в подземных выработанных пространствах после предварительного их сгущения, что также обеспечивается техническими средствами, входящими в состав комплекса;

обеспечивает рентабельное и практически экологически чистое и безотходное производство с существенно меньшей себестоимостью основной продукции действующих горно-обогатительных предприятий цветной и черной металлургии;

использовать экологически чистые растворители для перевода драгметаллов в ионную форму и извлекать их на селективных ионообменных фильтрах, имеющих волоконную основу. Перспективным представляется также применение керамических фильтров (которые были успешно опробованы).

### **Кросс-медиа эффекты**

Для каждого типа ТМО требуется разработка рациональной технологической схемы извлечения полезных компонентов с экономическим обоснованием и проектом технологической линии для отработки ТМ.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленный метод и технические решения общеприменимы, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера, исходя из состава, технологических особенностей, отраслевой принадлежности, а также условий образования (добыча и обогащение руд и угля, переработка концентратов руд и т.д.); состава исходного сырья (месторождения цветных и редких металлов, полиметаллические, железорудные и другие типы коренных месторождений); физико-химических и механических процессов климатического воздействия и выветривания отвалов.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Экономическая эффективность подобного направления определяется тем, что, несмотря на низкую стоимость полезных компонентов в сырье из хвостохранилищ (за

счет низких содержаний) себестоимость переработки в 2–3 раза ниже, чем из коренных руд, за счет того, что:

это сырье уже добыто и лежит на поверхности;

значительная его часть не требует дробления и измельчения;

разработан целый ряд высокоэффективных технологий переработки подобного сырья (новые флотационные реагенты, гидроустановки для шламов, гидрометаллургия в отвалах и кучах, автоклавное вскрытие бедных концентратов, электрохимия и др.);

нынешнее состояние сорбционно-десорбционных технологий может обеспечить селективное извлечение металлов из растворов кучного выщелачивания золота.

Сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений.

Повышение производительности труда за счет рентабельной переработки уже добытого сырья, являющегося, по существу, готовым полупродуктом и находящегося вблизи действующих предприятий, что особенно важно для тех из них, для которых вследствие истощения сырьевой базы оказываются незагруженными производственные мощности, и высвобождается рабочая сила.

Производство дешевых стройматериалов (песок, щебень, гравий, цемент, абразивы, материал для отсыпки дорожного полотна, строительства плотин, дамб, и т.д.), а из шлаков - шлаковаты, шлакового литья (брусчатка, тьюбинги, плитки, бордюрный камень и т.д.), литого шлакового щебня, стеклокерамических изделий, вяжущих добавок в цемент, минеральных добавок для улучшения почв, удобрений для сельского хозяйства и др.

ERG Recycling применил принцип комплексного геолого-экономического подхода, где методика основана на комбинированном подходе разведочных работ и одновременно экспериментальной добычи. Сроки вовлечения техногенных запасов в промышленное использование сокращен, соответственно сокращены сроки денежных вложений в промышленное использование техногенно-минерального объекта.

Инвестиции в предлагаемый технологический комплекс окупаются менее чем за один год, а экономический эффект значительно возрастает при учете эффекта от извлечения и использования в металлургии тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, селен и др.).

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение отходов производства при добыче и обогащении цветных руд. Требования экологического законодательства.

## **6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам**

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники, обеспечивающие достижение уровней эмиссий и технологических показателей, связанных с

применением НДТ, при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких НДТ, описанных в заключении по НДТ.

В настоящем заключении по НДТ:

технологические показатели по выбросам в атмосферу выражаются как масса выбросов на объем отходящего газа при стандартных условиях (273,15 К, 101,3 кПа) за вычетом содержания водяного пара, выраженная в мг/Нм<sup>3</sup>;

технологические показатели по сбросам в водные объекты выражаются как масса сброса на объем сточных вод, выраженная в мг/л;

при фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже диапазона указанных технологических показателей, связанных с применением НДТ, требования, определенные настоящим разделом, являются соблюденными.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т. д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса), и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов для соответствующего показателя и (или) отрасли определяются согласно действующих национальных нормативных правовых актов.

## **6.1. Общие НДТ**

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

НДТ для конкретных процессов, указанные в разделах 6.2–6.4, применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

### **6.1.1. Система экологического менеджмента**

#### **НДТ 1.**

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении СЭМ, которая включает в себя все следующие функции:

заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;

определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;

планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями.

Внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:

структуре и ответственности,

подбору кадров,

обучению, осведомленности и компетентности персонала,

коммуникации,

вовлечению сотрудников,

документации,

эффективному контролю технологического процесса,

программам технического обслуживания,

готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий,

обеспечению соблюдения экологического законодательства;

проверке производительности и принятию корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется: мониторингу и измерениям, корректирующим и предупреждающим мерам, ведению записей, независимому (при наличии такой возможности) внутреннему или внешнему аудиту, для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация;

анализу СЭМ и ее соответствия современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

отслеживанию разработки экологически более чистых технологий;

анализу возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

проведению сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли (см. НДТ 9) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 3), также являются частью СЭМ.

Применимость.

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или не стандартизованная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Описание представлено в разделе 4.2.

### 6.1.2. Управление энергопотреблением

#### НДТ 2.

НДТ является сокращение потребления тепловой и энергетической энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

№	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование системы управления эффективным использованием энергии (например, в соответствии со стандартом ISO 50001)	Общеприменимо
2	Применение ЧРП на различном оборудовании (конвейерное, вентиляционное, насосное и т.д.)	Общеприменимо
3	Применение энергосберегающих осветительных приборов	Общеприменимо
4	Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности	Общеприменимо
5	Применение УКРМ, а также фильтро-компенсирующих устройств, для фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности в электрических сетях предприятий	Общеприменимо
6	Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании	Общеприменимо
7	Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса	Общеприменимо

Описание представлено в разделах 4.3, 5.2.

### 6.1.3. Управление процессами

#### НДТ 3.

НДТ является измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени, для обеспечения стабильности и бесперебойности технологических процессов, что повысит энергоэффективность и позволит максимально увеличить производительность и усовершенствовать процессы обслуживания. НДТ заключается в обеспечении стабильной работы процесса с помощью системы управления процессом вместе с использованием одной или комбинации техник:

--	--	--

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	АСУ горнотранспортным оборудованием	Общеприменимо
2	АСУТП (печи, котлы и т.д.)	Общеприменимо
3	Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.1.

#### 6.1.4. Мониторинг выбросов

##### НДТ 4.

НДТ является проведение мониторинга выбросов маркерных загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов.

Периодичность мониторинга может быть адаптирована, если серия данных четко демонстрирует стабильность процесса очистки.

№ п/п	Параметр	Контроль, относящийся к:	Минимальная периодичность контроля*	Примечание
1	2	3	4	5
1	Пыль	НДТ 15-17	Непрерывно	Маркерное вещество

\* непрерывный контроль проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям к периодичности контроля, предусмотренным действующим законодательством.

Описание представлено в разделе 4.4.1.

#### 6.1.5. Мониторинг сбросов

##### НДТ 5.

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод из очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

№ п/п	Параметр/маркерное загрязняющее вещество	Минимальная периодичность контроля
1	2	3
	Температура (°C)	Непрерывно *
	Расходомер (м <sup>3</sup> /час)	Непрерывно *
	Водородный показатель (ph)	Непрерывно *
	Электропроводность (мкс - микросименс)	Непрерывно *
	Мутность (ЕМФ-единицы мутности по формазину на литр)	Непрерывно *

	Марганец (Mn)	Один раз в квартал **
	Железо (Fe)	Один раз в квартал **
	Свинец (Pb)	Один раз в квартал **
	Цинк (Zn)	Один раз в квартал **
	Взвешенные вещества	Один раз в квартал **
	Молибден (Mo)	Один раз в квартал **
	Медь (Cu)	Один раз в квартал **

\* выпуски сточных вод, отводимые с объекта I категории на рельеф местности или водные объекты, подлежат оснащению автоматизированной системой мониторинга;

\*\* периодичность контроля применима для веществ при условии их наличия в составе добываемой руды при добыче руд цветных металлов (включая драгоценные).

Для мониторинга сброса сточных вод существует множество стандартных процедур отбора проб и анализа воды и сточных вод, в том числе:

случайная проба – одна проба, взятая из потока сточных вод;

составная проба – проба, отбираемая непрерывно в течение определенного периода, или проба, состоящая из нескольких проб, отбираемых непрерывно или периодически в течение определенного периода и затем смешанных;

квалифицированная случайная проба – составная проба из не менее чем пяти случайных проб, отобранных в течение максимум двух часов с интервалом не менее двух минут и затем смешанных.

Описание представлено в разделе 4.4.2.

### 6.1.6. Управление водными ресурсами

#### НДТ 6

НДТ для рационального управления водными ресурсами заключается в предотвращении, сборе и разделении типов сточных вод, увеличении внутренней рециркуляции и использовании адекватной очистки для каждого конечного потока. Могут применяться следующие методы:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Отказ от использования питьевой воды для производственных линий	Общеприменимо
2	Увеличение количества и/или мощности систем оборотного водоснабжения при строительстве новых заводов или модернизации/реконструкции существующих заводов	Общеприменимо



3	Централизованное распределение поступающей воды	Применимость может быть ограничена существующей конфигурацией водяных контуров
4	Повторное использование воды до тех пор, пока отдельные параметры не достигнут определенных пределов	Общеприменимо
5	Использование воды в других установках, если затрагиваются только отдельные параметры воды и возможно дальнейшее использование	Общеприменимо
6	Разделение очищенных и неочищенных сточных вод	Общеприменимо
7	Использование ливневых вод	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 4.6.

### 6.1.7. Шум

#### НДТ 7.

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Регулярное техобслуживание оборудования, герметизация и ограждение вызывающих шум технических средств	Общеприменимо
2	Сооружение шумозащитных валов	Общеприменимо
3	Учет характера распространения шума и планирование работ с учетом этого, например, расположение блока измельчения и грохочения в подземном пространстве или частично под землей, расположение издающих шум машин недалеко друг от друга и в заглублении по отношению к уровню земли (уменьшается также площадь воздействия), закрытие дверей цеха обогащения и измельчения	Общеприменимо
4	Выбор направления проходки таким образом, чтобы место проведения работ оставалось по отношению к населенному пункту за очистным забоем	Общеприменимо

5	Оставление неотбитых стенок для защиты от шума в направлении населенного пункта	Общеприменимо
6	Оставление деревьев и других растений на краю рудничной территории или вокруг объектов, издающих шум	Общеприменимо
7	Ограничение размера заряда при взрыве, а также оптимизация объема взрывчатых веществ	Общеприменимо
8	Предварительное извещение о взрыве и проведение взрывных работ в определенное, по возможности в одно и то же, время дня. Взрыв вызывает сильный, но непродолжительного характера шум, поэтому предварительное извещение о нем положительно влияет на отношение к этому страдающих от шума	Общеприменимо
9	Планирование транспортных маршрутов и осуществление перевозки в такие сроки, когда они вызывают минимальное воздействие	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 4.9.

### 6.1.8. Запах

#### НДТ 8.

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами	Общеприменимо
2	Тщательное проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи	Общеприменимо
3	Сведение к минимуму использование пахучих материалов	Общеприменимо
4	Сокращение образования запахов при сборе и обработке сточных вод и осадков	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 4.9.

## 6.2. Снижение эмиссий загрязняющих веществ.

### 6.2.1. Снижение выбросов от неорганизованных источников.

#### НДТ 9.

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращение неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам, как части СЭМ (см. НДТ 1), который включает в себя:

определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;

определение и реализация соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

#### НДТ 10.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли и газообразных выбросов при проведении производственного процесса добычи руд.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении производственного процесса добычи руд, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Применение большегрузной высокопроизводительной горной техники	общеприменимо
2	Проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования	общеприменимо
3	Применение современных, экологичных и износостойких материалов	общеприменимо
4	Применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы	общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.3.1.

#### НДТ 11.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении взрывных работ.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении взрывных работ относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков	общеприменимо
2	Использование в качестве ВВ простейших и эмульсионных составов с нулевым или близким к нему кислородным балансом	общеприменимо
3	Частичное взрывание на "подпорную стенку" в зажиме	общеприменимо
4	Внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров БВР	общеприменимо
5	Проведение взрывных работ в оптимальный временной период с учетом метеоусловий	общеприменимо
6	Использование рациональных типов забоечных материалов, конструкций скважинных зарядов и схем инициирования	общеприменимо
7	Орошение взрываемого блока и зоны выпадения пыли из пылегазового облака водой, пылесмачивающими добавками и экологически безопасными реагентами	общеприменимо
8	применение установок локализации пыли и пылегазового облака	общеприменимо
9	Применение технологий гидрообеспыливания (гидрозабойка взрывных скважин и шпуров, укладка над скважинами емкостей с водой)	общеприменимо
10	Проветривание горных выработок	общеприменимо
11	Использование зарядных машин с датчиками контроля подачи взрывчатых веществ	общеприменимо
12	Использование естественной обводненности горных пород и взрывааемых скважин	общеприменимо
13	Использование неэлектрических систем инициирования для ведения взрывных работ в подземных условиях	общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.4.1.2.

## **НДТ 12.**

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении буровых работ.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении буровых работ, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения	общеприменимо
2	Применение технической воды и различных активных средств для связывания пыли	общеприменимо
3	Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания в процессе бурения технологических скважин	общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.4.1.1.

### НДТ 13.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов	общеприменимо
2	Применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев	общеприменимо
3	Применение стационарных и передвижных ГМН, на колесном и рельсовом ходу	общеприменимо
4	Применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора	общеприменимо

5	Организация процесса перевалки пылеобразующих материалов	общеприменимо
6	Пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой	общеприменимо
7	Применение различных ПАВ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог	общеприменимо
8	Укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта	общеприменимо
9	Применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др	общеприменимо
10	Очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов	общеприменимо
11	Применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы	общеприменимо
12	Проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры	общеприменимо
13	Применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС	общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.4.1.3.

#### **НДТ 14.**

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении руд и продуктов их переработки.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении руд и продуктов их переработки, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ с использованием скального грунта, грубодробленной пустой породы	общеприменимо
2	Устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода	

	вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев)	применимо с учетом естественной среды обитания
3	Использование ветровых экранов	общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.4.1.4.

## 6.2.2. Снижение выбросов от организованных источников.

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью технологические показатели (при наличии) установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции.

### 6.2.2.1. Выбросы пыли и газообразных веществ

#### НДТ 15.

НДТ является предотвращение или сокращение выбросов пыли и газообразных выбросов, а также сокращение энергопотребления, сокращение образования отходов при проведении производственного процесса обогащения руд путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
	Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды	общеприменимо
	Переработка богатой руды дроблением с последующим разделением, сортировкой по классам крупности товарной продукции	общеприменимо
	Использование МСИ и МПСИ для руд цветных металлов с высокой крепостью	общеприменимо
	Схемы дробления с использованием ИВВД	общеприменимо
	Использование вертикальных мельниц в зависимости от технологии переработки, требующей сверхтонкого измельчения.	общеприменимо
	Использование грохотов с высокой удельной производительностью для тонкого сухого и мокрого грохочения с полиуретановыми панелями при классификации	общеприменимо
	Использование больше-объемных флотомашин с камерами чанового типа	общеприменимо
	Использование колонных флотомашин	общеприменимо
	Автоматизированные системы подачи реагентов	общеприменимо

	Замена и (или) снижение расхода токсичных флотационных реагентов (СДЯВ) на нетоксичные	общеприменимо
	Сгущение высокоскоростным осаждением пульпы	общеприменимо
	Использование эффективных флокулянтов	общеприменимо
	Использование фильтров максимального обезвоживания в целях исключения сушки (керам-фильтры, пресс-фильтры)	общеприменимо
	Технология поддержания оптимальной крупности затравки для улучшения показателей по крупности производственного гидрата	общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.3.2.

### НДТ 16.

В целях сокращения выбросов пыли при процессах, связанных с дроблением, грохочением, транспортировкой, хранением при обогащении руды, НДТ заключается в использовании одной или комбинации нескольких техник: предварительной очистки дымовых газов (камеры гравитационного осаждения, циклоны, скрубберы), использовании электрофильтров, рукавных фильтров, фильтров с импульсной очисткой, керамических и металлических мелкоячеистых фильтров.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	применение камер гравитационного осаждения	общеприменимо
2	применение циклонов	общеприменимо
3	применение мокрых газоочистителей	общеприменимо

Таблица 6.1. Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с дроблением, классификацией (грохочением), транспортировкой, хранением

№ п/п	Техники	НДТ-ТП (мг/Нм <sup>3</sup> )*
1	2	3
1	Электрофильтр	5-20**
2	Рукавный фильтр	
3	Фильтр с импульсной очисткой	
4	Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры	

\* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:



а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

в) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

при отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенными в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов (директива Европейского парламента и Совета ЕС 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "о промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)");

\*\* для процессов дробления и классификации (грохочения) действующих установок 20-100 мг/Нм<sup>3</sup>.

Описание представлено в разделе 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

#### НДТ 17.

В целях сокращения выбросов пыли при обогащении руд цветных металлов (включая драгоценные) НДТ заключается в использовании одной или комбинации нескольких техник: предварительной очистки дымовых газов (камеры гравитационного осаждения, циклоны, скрубберы) с использованием электрофильтров, рукавных фильтров, фильтров с импульсной очисткой, керамических и металлических мелкоячеистых фильтров.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	применение камер гравитационного осаждения	общеприменимо
2	применение циклонов	общеприменимо
3	применение мокрых газоочистителей	общеприменимо

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов пыли при обогащении руд цветных металлов (включая драгоценные), в том числе при процессах гидрометаллургии

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/Нм <sup>3</sup> )*	Применимость
1	2	3	4	5
1		Электрофильтр	5-20**	Общеприменимо
2		Рукавный фильтр		Общеприменимо
3		Фильтр с импульсной очисткой		Общеприменимо

4	Обогащение руд цветных металлов	Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры	Общеприменимо
---	---------------------------------	--	---------------

\* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

в) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

при отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенными в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов (директива Европейского парламента и Совета ЕС 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "о промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)");

\*\* для процессов дробления и классификации (грохочения) действующих установок 20-100 мг/Нм<sup>3</sup>.

Описание представлено в разделе 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

### 6.3. Снижение сбросов сточных вод

#### НДТ 18.

НДТ для удаления и очистки сточных вод является управление водным балансом предприятия. НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия	Общеприменимо
2	Внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе	Общеприменимо
3	Сокращение водопотребления в технологических процессах	Общеприменимо
4	Гидрогеологическое моделирование месторождения	Общеприменимо
		На действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией

5	Внедрение систем селективного сбора шахтных и карьерных вод	существующих систем сбора сточных вод
6	Использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод	На действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией существующих систем очистки сточных вод

Описание представлено в разделе 5.5.1.

### НДТ 19.

НДТ для снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты является снижение водоотлива карьерных и шахтных вод путем применения отдельно или совместно следующих технических решений.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей	Определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения
2	Использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и другое	Общеприменимо
3	Оптимизация работы дренажной системы	Общеприменимо
4	Изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока	Общеприменимо
5	Отвод русел рек за пределы горного отвода	Применяется в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно
6	Недопущение опережающего понижения уровней подземных вод	Общеприменимо
7	Предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.5.2.

### НДТ 20.

НДТ для снижения негативного воздействия на водные объекты является управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры с целью

сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем путем применения отдельно или совместно следующих технических решений.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Организация системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов	Общеприменимо
2	Перекачка сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище	Общеприменимо
3	Отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенных участков, в том числе и выровненных, засеянных или озелененных, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод	Общеприменимо
4	Очистка поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды	Общеприменимо
5	Организация ливнестоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмоستков и облицовок с целью защиты от эрозии	Общеприменимо
6	Организация подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями	Общеприменимо
7	Выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.5.3.

#### **НДТ 21.**

НДТ для снижения уровня загрязнения сточных (шахтных, карьерных) вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства,

является применение одной или нескольких приведенных ниже техник очистки сточных вод:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Осветление и отстаивание	Общеприменимо
2	Фильтрация	Общеприменимо
3	Сорбция	Общеприменимо
4	Коагуляция, флокуляция	Общеприменимо
5	Химическое осаждение	Общеприменимо
6	Нейтрализация	Общеприменимо
7	Окисление	Общеприменимо
8	Ионный обмен	Общеприменимо

Таблица 6.3. Технологические показатели сбросов карьерных и шахтных сточных вод при добыче руд цветных металлов (включая драгоценные), поступающих в поверхностные водные объекты

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/л) *
1	2	3
1	Марганец (Mn)	C <sub>н.к.</sub> -5,8
2	Свинец (Pb)	C <sub>н.к.</sub> -0,5
3	Цинк (Zn)	C <sub>н.к.</sub> -0,4
4	Медь (Cu)	C <sub>н.к.</sub> -0,3
5	Молибден (Mo)	C <sub>н.к.</sub> -0,5
6	Железо (Fe)	C <sub>н.к.</sub> -2
7	Взвешенные вещества	C <sub>н.к.</sub> -25

\*

среднесуточное значение;

используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

в отношении установления технологических показателей в сбросах карьерных и шахтных сточных вод в пруды-накопители и пруды-испарители норма не будет распространяться при условии их соответствия требованиям, применяемым в отношении гидротехнических сооружений с подтверждением отсутствия воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы по результатам мониторинговых исследований за последние 3 года;

установление факта негативного воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы свидетельствует о нарушении требований, применяемых к гидротехническим сооружениям. В этом случае количественные показатели эмиссий должны соответствовать действующим санитарно-гигиеническим, экологическим

нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды по отношению к местам культурно-бытового водопользования;

используемые показатели (за исключением взвешенных веществ) применяются при условии содержания соответствующих веществ в составе добываемой руды;

в целях соблюдения экологических нормативов качества (Сн.к.) и недопущения ущерба окружающей среде установление технологических показателей при сбросе сточных вод в водные объекты выше экологических нормативов качества допускается до верхней границы соответствующего диапазона при обосновании в рамках оценки воздействия на окружающую среду.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

Описание представлено в разделе 5.5.4.

#### **6.4. Управление отходами**

##### **НДТ 22.**

Чтобы предотвратить или, если предотвращение невозможно, сократить количество отходов, направляемых на утилизацию, НДТ подразумевают составление и выполнение программы управления отходами в рамках системы СЭМ (см. НДТ 1), который обеспечивает, в порядке приоритетности, предотвращение образования отходов, их подготовку для повторного использования, переработку или иное восстановление.

##### **НДТ 23.**

В целях снижения количества отходов, направляемых на утилизацию при добыче и обогащении руд цветных металлов, НДТ заключается в организации операций на объекте, для облегчения процесса повторного использования технологических полупродуктов или их переработку с помощью использования одной и/или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Повторное использование пыли из системы пылегазоочистки	Общеприменимо
2	Использование пресс-фильтров для обезвоживания отходов обогащения	Общеприменимо
3	Использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения	Общеприменимо
4	Использование отходов добычи и обогащения в качестве сырья или добавки к продукции во вторичном производстве и	Общеприменимо

	строительных материалов, доизвлечение из промышленных отходов	
5	Использование отходов при заполнении выработанного пространства	Общеприменимо
6	Использование отходов при ликвидации горных выработок	Общеприменимо
7	Переработка отходов добычи и обогащения (вторичные минеральные ресурсы, техногенные месторождения) с целью извлечения основных и попутных ценных компонентов	Общеприменимо

Описание представлено в разделе 5.6.

### 6.5. Требования по ремедиации

Горнодобывающая деятельность неизбежно влияет на окружающую среду. Воздействие горнодобывающей деятельности на окружающую среду зависит от геологических особенностей, размера, формы месторождения и концентрации полезного компонента, природно-климатических особенностей территории расположения, а также от применяемых методов добычи и обогащения, выбранных технических и технологических решений, природоохранных мероприятий и др.

Горнодобывающая деятельность оказывает воздействие на все компоненты окружающей среды: недра, земли, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

Основными экологическими аспектами предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образование рудничных и шахтных вод, отходов (золошлаков и хвостов обогащения), использование земель.

Согласно Экологического кодекса ремедиация проводится при выявлении факта экологического ущерба: животному и растительному миру, подземным и поверхностным водам, землям и почве.

Таким образом, в результате деятельности предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов следующие негативные последствия наступают в результате загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего перехода загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другую:

загрязнение земель и почв в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на поверхность почв и дальнейшая их инфильтрация в поверхностные и подземные воды;

воздействие на животный и растительный мир.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля,

причиненного в результате антропогенного воздействия, и при закрытии и (или) ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчете или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должна предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса (ст. 131–141 раздела 5) и методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания, или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того чтобы, с учетом их текущего, или будущего утвержденного целевого назначения, участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека, и не причинял ущерб от ее деятельности в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

## **7. Перспективные техники**

Данный раздел содержит информацию о новейших техниках, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

В процессе подготовки справочника НДТ составители и члены технической рабочей группы проанализировали целый ряд новых технологических, технических и управленческих решений, которые обсуждаются как в зарубежных странах, так и в России. Это решения, направленные на повышение эффективности производства, сокращение негативного воздействия на окружающую среду, оптимизацию ресурсопотребления. Они еще не получили широкого распространения, и надежными сведениями о внедрении их на двух предприятиях составители справочника не располагают.

Далее в тексте эти решения описаны применительно к добыче и обогащению руд цветных металлов (включая драгоценные).

### **7.1. Перспективные техники в области добычи цветных руд открытым и подземным способом**

#### **7.1.1. Беспилотная техника**

Пионером на рынке беспилотной тяжелой техники считается американский Caterpillar. Больше 20 лет назад компания представила первый самоходный карьерный самосвал. В настоящее время на железорудных предприятиях Западной Австралии действует несколько карьеров с полностью беспилотными большегрузными автосамосвалами. Начиная с 2013 года Caterpillar поставила на рудники австралийского



горнодобывающего гиганта Fortescue Metals 56 автономных самосвалов Cat 793F, а в сентябре 2017 года получила заказ на модификацию еще 100 карьерных самосвалов в беспилотные машины.

### Мировой опыт роботизации - компании и карьеры

Карьер	Страна	Роботизированная техника
<b>RIO Tinto</b> «Mine of the Future»	Австралия	73 самосвала Komatsu, ЖД транспорт
<b>RIO Tinto</b> Gina Rinehart's Roy Hill	Австралия	Проект карьера разрабатывался для автономных самосвалов
<b>Alberta Mining Corp</b>	Канада	Автономные самосвалы
<b>BHP Billiton, Dean Dalla Valle</b>	Австралия	Автономные самосвалы и буровые станки (Atlas Copco)
<b>BHP Billiton</b> Meandu coal mine Newman iron ore mine	Австралия	Автономные самосвалы
<b>Fortescue Mining Group</b>	Австралия	Анонсировано, что используется 45 автономных самосвалов CAT 793
<b>Codelco</b>	Чили	Автономные самосвалы Komatsu
<b>Anglo American</b>	ЮАР	Участок автономных шарнирно-сочлененных самосвалов (10 ед.)
<b>Алроса</b>	РФ	Использование дистанционно-управляемой техники

Рисунок 7.1. Мировой опыт внедрения беспилотных технологий

Самосвалы работают в режиме 24/7 ежедневно в течение года, что экономит недропользователю 500 ч работы в год. Управление всеми операциями выполняется с помощью системы Cat MineStar. Грузовики управляются дистанционно из операционного центра в Перте, который находится от Пилбары в 1200 км. Каждый карьерный робот-самосвал весом в 500 т двигается со скоростью 50 км/ч – почти в 2 раза выше, чем у опытных водителей. Точность ориентации роботов – 1–2 см. Отсутствует время на пересменки, обеда. Все это дает повышение производительности, снижение простоев, снижение удельных расходов топлива и снижение удельных выбросов.

"Беспилотники" взаимодействуют с любой управляемой человеком техникой - грейдерами, погрузчиками, автоцистернами, бульдозерами и др. За 4,5 года работы беспилотные автомобили Caterpillar показали на 20 % большую эффективность эксплуатации по сравнению с традиционными машинами.

Производительность "беспилотников" составила невероятные 99,95 %, поскольку эти машины не простаивали и трудились в среднем на 2,5 часа больше, чем автосамосвалы, управляемые людьми.

Роботизированные самосвалы БелАЗ грузоподъемностью 130 тонн работают на угольном разрезе "Черногорский" ООО "СУЭК-Хакасия" в паре с экскаватором ЭКГ-8У. Беспилотные автомобили двигаются по выделенному участку разреза протяженностью 1350 метров и перевозят вскрышную породу.

На Корбалихинском руднике АО "Сибирь-Полиметаллы" запустили в работу беспилотную ПДМ. Внедрения автоматизированной системы контроля и управления

горными работами позволяет. Находясь на расстоянии до 100 метров, оператор при помощи пульта, оснащенного системой видеонаблюдения, управляет ПДМ, что исключает нахождение оператора ПДМ в очистном пространстве.

### **7.1.2. Беспилотные тяговые агрегаты**

Применение беспилотных тяговых агрегатов внутри карьеров и на поверхности. Отсутствует время на пересменки, обеды. Все это дает повышение производительности, снижение простоев, снижение удельных расходов электроэнергии. Повышение надежности работы оборудования за счет исключения нарушений технологической дисциплины, превышений скорости, проездов на запрещающий сигнал светофора и т. д. В Rio Tinto (крупнейшей горнодобывающей компании Австралии) подсчитали, что перевод 40 % железнодорожного транспорта на автоматику позволит уменьшить расходы на 2 долл. на тонне железной руды и увеличить ее добычу на 5 %.

### **7.1.3. Автосамосвалы на альтернативных источниках энергии**

В странах Африки, в Бразилии, а теперь и США успешно эксплуатируется система транспорта с применением дизель-троллейбусов. Особенно показателен пример золоторудного карьера "Бетце" (США, шт. Невада), где для транспортирования 410 тыс. т горной массы в сутки используется парк из 73 дизель-троллейбусов грузоподъемностью 170 т.

В Африке грузовые троллейбусные предприятия начали работать с 1981 г., когда в карьерах Sishen (ЮАР) на участке 2 км начали работать 55 троллейбусов. С октября 1981 г. в ЮАР было открыто движение троллейбусов Unit Rig Lectra Haul M200eT в Пхалаборве (Phalaborwa), обслуживающих участок 8 км. С 1986 г. троллейбусы на шахтах и карьерах используют в Конго (карьер Lubembashi), Намибии (бассейн Россинга – Rossing – в пустыне Намиб) на медных рудниках Гега вблизи Лубумбаши в Заире.

В начале 2012 года компания NHL-North Haul Industries Group получила первый заказ на поставку на Намибийский горный урановый карьер Кояма тягача-троллейбуса с полуприцепом полной массой 330 т с донной загрузкой.

На сегодняшний день фирма Siemens является ведущим поставщиком троллейбусов и их инфраструктуры [67].

Возобновление интереса к троллейбусам связано, в первую очередь, с уменьшением потребления дизельного топлива карьерными самосвалами. Помимо очевидного снижения затрат на топливо, на основе современной технологической базы были получены дополнительные преимущества:

увеличение производственной мощности горного предприятия и уменьшение количества машин за счет более высокой скорости самосвалов (более эффективное использование автопарка);

значительно более высокая энергоэффективность (около 90 %);

постоянный крутящий момент (включая высокий крутящий момент на малых скоростях),

быстрое реагирование на нагрузку и лучшую перегрузочную способность;

почти двухкратное увеличение скорости движения на руководящем уклоне;

увеличение длительности работы дизельного двигателя между моментами обслуживания;

двух-трехкратное сокращение расхода топлива и, следовательно, снижение расходов на топливо на 70–80 %;

снижение затрат на техническое обслуживание самосвалов с дизельным двигателем ;

повышение доступности обслуживания и увеличение жизненного цикла дизельного двигателя (меньше рабочих часов);

низкий уровень шума и вибрации;

уменьшение объема выхлопа отработанных газов дизеля, загазованности карьера и образования тумана;

возможность запуска на линии на любой скорости и полезной нагрузки.

В настоящее время с целью создания высококонкурентоспособной карьерной техники работы по применению альтернативных источников энергии активно ведутся и на ОАО "БЕЛАЗ".

#### **7.1.4. Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами**

АСУ буровыми работами и зарядными машинами позволит сократить время наведения станков на скважину, формировать пакет физико-механических характеристик обуриваемого блока, повысить оперативный контроль за техническим состоянием бурового оборудования. Полученная с АСУ БР информация позволит в реальном времени корректировать буровые работы на отработываемом блоке, а также даст информацию по нижележащему блоку, что позволит существенно повысить качество планирования взрывных работ, снизить расход ВВ и увеличить выход горной массы [68, 69]. Автоматизированное управление зарядными машинами позволит автоматически формировать потребность в зарядке скважины и производстве взрывчатых веществ, сократит перерасход взрывчатых веществ [70].

#### **7.1.5. Применение систем высокоточного позиционирования ковша для забойных экскаваторов**

Системы высокоточного позиционирования ковша экскаватора позволят в режиме реального времени с сантиметровой точностью позиционировать ковш экскаватора, обеспечивая высокоточную выемку и формирование проектной формы рельефа (отвалов, уступов, дорог), обеспечить отображение электронных проектов рабочих зон на дисплее оператора, отображение профилей фактической и проектной поверхностей, наложенных друг на друга для контроля достижения проектных значений [71].

Данное мероприятие позволит сократить потери и засорение руды, повысить точность выполнения плановых показателей качества, обеспечить необходимый уровень шихтовки, оптимизировать определение составов породы, снизить необходимость повторного перемещения породы, количество неправильно назначаемых рейсов и объем выполняемых вручную изысканий, снизить потребление электроэнергии при производстве добычных работ [72].

#### **7.1.6. Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ**

Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ позволит оперативно решать задачи картирования, оценки объемов горных выработок и отвалов при отработке месторождения открытым способом, повысить контроль за технологическими процессами в реальном времени, повысить качество планирования горных работ, ускорить процесс закрытия периода и подготовки отчетов для контролирующих органов. Данная технология позволит сократить ресурсы для производства маркшейдерских работ.

#### **7.1.7. Автоматизация процессов добычных работ в подземных условиях**

Шахтная автоматизация обеспечит рациональную загрузку парка транспортных средств погрузочно-доставочных операций, оптимизацию параметров откатки, автоматизацию процессов бурения одной или нескольких скважин, вееров или забоя выработки, лучшие условия работы и безопасность, повышение производительности.

Безопасность обеспечивается за счет разделения производственной зоны и системы управления. Один оператор может управлять (из безопасного места, в том числе находясь на поверхности) работой многих автоматизированных машин. Производственный цикл погрузки полуавтоматический. Откатка и разгрузка производятся под управлением навигационной системы, а наполнение ковша управляется дистанционно. Машины оборудованы бортовой видеосистемой, мобильным терминалом для беспроводной связи и навигационной системой. Процесс включает в себя мониторинг производства и состояния парка в реальном режиме времени, а также контроль движения машин.

Данная технология позволит повысить производительность работ, сократить простои и пересменки оборудования, снизить удельные потребления электроэнергии и ресурсов.

#### **7.1.8. Высокопроизводительная проходка горных выработок**

Перспективная технология состоит в использовании проходческих комплексов для быстрой, безопасной и экономически эффективной проходки выработок различных профилей (в том числе малого сечения) по породам и рудам высокой крепости без использования БВР.

В настоящее время проводятся полевые испытания на медных и платиновых месторождениях ЮАР.

### **7.1.9. Использование сплавов и износостойких материалов**

Применение легких сплавов и специальных износостойких материалов для изготовления подъемных сосудов и их футеровки обеспечивает существенное снижение веса клетей и скипов, увеличение полезной емкости сосудов и веса поднимаемой горной массы без изменения концевой нагрузки, увеличение производительности, позволяет сократить расход электроэнергии и повысить производительность.

#### **7.1.10. Автоматизированный аппаратный контроль состояния ствола, подъемных сосудов, канатов**

Система непрерывного аппаратного контроля позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг состояния канатов, подъемных сосудов и армировки ствола. Использование системы повышает достоверность и оперативность оценки динамических и статических параметров системы "подъемный сосуд – жесткая армировка", канатов шахтных подъемных установок. Контроль осуществляется без нарушения режимов работы ШПУ, существенно уменьшается время проведения визуального контроля, а также исключается влияние человеческого фактора на оценку фактического состояния оборудования, режимов работы и конструкций. Система автоматизированного мониторинга канатов позволяет повысить эффективность эксплуатации подъемных установок и принимать решения о проведении ремонтных работ по необходимости, позволяет сократить расход электроэнергии и повысить производительность.

#### **7.1.11. Интеллектуальный карьер**

Под проектом "Интеллектуальный карьер" подразумевается внедрение автоматизированной системы диспетчеризации (АСУ ГТК) "Карьер". Это система управления горнотранспортными комплексами на основе технологий спутниковой навигации и роботизированной системы управления технологическими процессами открытых горных работ [73]. Создание АСУ ГТК "Карьер" на горнодобывающих предприятиях позволяет автоматизировать процессы перевозок, выемки и БВР, а в дальнейшем осуществлять горные работы без непосредственного участия человека. Это существенно повышает эффективность открытых горных работ, позволяет осуществлять эффективную и безопасную добычу в труднодоступных и тяжелых по климатическим условиям регионах, повышает производственную безопасность на объектах, устраняет проблему нехватки квалифицированного персонала. Использование АСУ ГТК "Карьер" переводит добычу полезных ископаемых открытым способом на современный уровень автоматизации.

#### **7.1.12. Цифровизация управления процессами железнодорожной перевозки горной массы**

В настоящее время существует значительный потенциал оптимизации процесса управления железнодорожными перевозками горной массы, связанный с полностью

ручной работой диспетчеров, а также большим количеством внеплановых простоев на линии из-за времени подготовки диспетчерами маршрутов. При этом существующее состояние данных зачастую не позволяет автоматизировать движение – основными проблемами являются большая погрешность GPS датчиков на тяговых агрегатах, отсутствие геолокации хозяйственной техники и графа ж/д сети.

Создание динамической модели оптимизации диспетчеризации, подсказывающей диспетчеру оптимальные решения в онлайн-режиме, позволит сократить общее время движения тяговых агрегатов на 2 % за счет снижения времени простоев. Движение поездов в реальном времени будет осуществляться на основе данных о геолокации и текущем состоянии составов.

## **7.2. Перспективные техники в области обогащения цветных руд**

### **7.2.1. Метод бесцианидного выщелачивания**

Использование щелочных цианидов в целях извлечения золота и серебра из руд и рудных концентратов обладает существенными технологическими и экономическими преимуществами по сравнению с прочими технологиями.

При этом цианиды относятся к категории СДЯВ. Также применение сопровождается большим объемом комплексных мероприятий, подразумевающих дополнительные затраты: обеспечение безопасности обслуживающего персонала, обезвреживание цианидов в хвостах, экологические требования при складировании отходов цианирования.

В качестве растворителей золота было испробовано множество реагентов, но основными из них до настоящего времени остались растворы цианидов щелочных металлов, несмотря на их недостатки (высокую токсичность и длительность процессов при обработке руд). В целях альтернативных методов извлечения драгоценных металлов продолжают интенсивные работы по изучению возможностей замены цианидов (относящихся к категории СДЯВ).

Успехи США в этой области гидрометаллургии привлекли внимание исследователей других стран и, начиная с 80-х годов, кучное выщелачивание золота получило развитие в Канаде, Австралии, государствах Латинской Америки и Африки. За последнее время этим способом были получены сотни тонн золота.

С точки зрения промышленного использования в гидрометаллургии благородных металлов рассматриваются такие выщелачивающие системы как тиокарбамид (тиомочевина), тиосульфаты натрия и аммония, галоиды (хлор, бром, йод), а также некоторые органические соединения (например, гуматы и аминокислоты).

Тиосульфатное выщелачивание золота и серебра из сульфидных концентратов применяется для переработки упорных для цианирования концентратов и осуществляется в присутствии гидроксида аммония и его солей, в условиях аэрации пульпы. В отсутствие тиосульфата, а также при его высоком содержании ( $> 0,8$  моль/дм<sup>3</sup>) извлечение не превышает 20 %, тогда как при оптимальном содержании

тиосульфата 0,5–0,8 моль/дм<sup>3</sup> оно составляет 95 % Au. В США предложен способ аммиачного выщелачивания Au и Ag из сульфидных руд или вторичного сырья раствором, содержащим аммиак, соли аммония (йодиды, фосфаты, бромиды, карбонаты, ацетаты или их смеси), а также 1– 10 г/дм<sup>3</sup> окислителя (CuCl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub>, KClO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) в автоклаве. Золото и серебро переходят в раствор в виде аммиачных комплексов. Из упорных руд (сульфидных или карбонатных марганцевых руд) золото и серебро можно извлекать выщелачиванием соляной и серной кислотами в присутствии MnO<sub>2</sub> и восстановителя. Для улучшения процесса выщелачивания в раствор вводят ионы Cl<sup>-</sup>. Для регенерации HCl используют пирогидролиз MnCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O, при котором HCl отгоняется, а MnO<sub>2</sub> выпадает в твердую фазу.

Тиокарбамидное выщелачивание богатых золото- и серебросодержащих концентратов включает фильтрационное выщелачивание богатых (содержание серебра не менее 5 кг/т) золотосеребряных концентратов растворами с концентрацией тиокарбамида 10–20 г/т и серной кислоты 5-10 г/л, электролитическое осаждение драгоценных металлов из фильтратов, оборотное использование обезметалленных растворов в цикле выщелачивания.

Технологии использования тиокарбамидов апробирована на флотационном концентрате Артемовской ЗИФ (Au 92 г/т, Cu 1,7 %) и медьсодержащих огарках окислительного обжига концентрата, выделенного из руд Зодского месторождения в Армении (Au 40 г/т, Cu 0,3 %) с получением значительно более высоких, по сравнению с цианированием, технологических и экономических показателей.

К перспективным растворителям золота относятся гуминовые кислоты, аминокислоты, органические цианиды.

В Китае опубликована информация, что в стране запатентован новый экологически чистый реагент для выщелачивания золота и серебра без цианида. Формула реагента не раскрывается, но указывается, что в нем содержатся Na<sub>2</sub>O, N, H<sub>2</sub>O, Ca, Fe, NH<sub>4</sub> и другие компоненты. В описании метода определения концентрации реагента Flotent GoldSC 570 в растворе указывается, что в качестве реактива используется азотнокислое серебро, которое применяется и при определении цианида.

### **7.2.2. Метод подземного выщелачивания**

Подземное выщелачивание относится к числу инновационных технологий производства цветных металлов. Суть метода заключается в прокачивании раствора, содержащего растворитель драгоценных металлов, через рудное тело, залегающее в недрах, с помощью закачных и откачных скважин. Технология включает организацию подземных взрывов в рудном теле для его дробления и создания проницаемости, оконтуривание рудного тела системой закачных и откачных скважин, прокачку с помощью этих скважин выщелачивающего раствора, содержащего растворитель драгоценных металлов (гипохлорит, цианид и др.), обезметалливание продуктивного

раствора с его последующим доукреплением и повторной закачкой, получение после обезметалливания лигатурного металла.

По сравнению с традиционными методами переработки минерального сырья, выщелачивание металлов из руд непосредственно на месте их залегания позволяет более чем вдвое сократить производственные затраты за счет исключения таких трудоемких и дорогостоящих операций, как вскрышные работы, добыча и транспортировка руды, ее дробление, измельчение, предварительное обогащение, складирование хвостов, рекультивация и др. Благодаря этому создается возможность существенно снизить кондиции на содержание полезного компонента в руде, вовлечь в переработку бедные и забалансовые руды, мелкие и глубокозалегающие рудные тела. Технология предполагает более комфортные условия груда и минимальное воздействие на окружающую среду. Подземное выщелачивание ведется без цианидов, с использованием гидрохлоридной технологии, что позволяет обеспечивать экологическую безопасность работ.

Впервые в мировой золотодобыче СПВ был успешно применен в 1994 г. на Гагарском золоторудном месторождении в России (Свердловская обл.) золотодобывающей компанией "А/С "Гагарка". Основываясь на полученном положительном опыте, СПВ получил эффективное развитие в Уральском регионе России.

### **7.3. Перспективные техники предотвращения и (или) сокращения выбросов**

#### **7.3.1. Использование керамических фильтров для снижения выбросов твердых частиц и оксидов азота в газовых потоках**

В системе сухой очистки отходящих газов используются керамические фильтры. Они проектируются для комбинированной фильтрации и реакции селективного каталитического восстановления в одной установке с использованием каталитического фильтра. Эти фильтры дают возможность использовать высокое энергосодержание газа, а также предотвращать засорение катализатора. Кроме того, объединение двух установок в одну установку снижает затраты на обработку, а также капитальные затраты и затраты на обслуживание.

#### **7.3.2. Технология САТОХ**

Технология САТОХ включает в себя оборудование и катализатор для процесса каталитического окисления, основанного на рекуперативном теплообмене. Отходящий газ направляется газодувкой в теплообменник, где он нагревается до температуры около 200–300 °С. Далее отходящий газ проходит через катализатор в реакторе, где летучие химические вещества окисляются с выделением тепла и повышением температуры. Температура повышается пропорционально концентрациям летучих химических веществ в исходном газе. Основными продуктами окисления являются углекислый газ, азот.



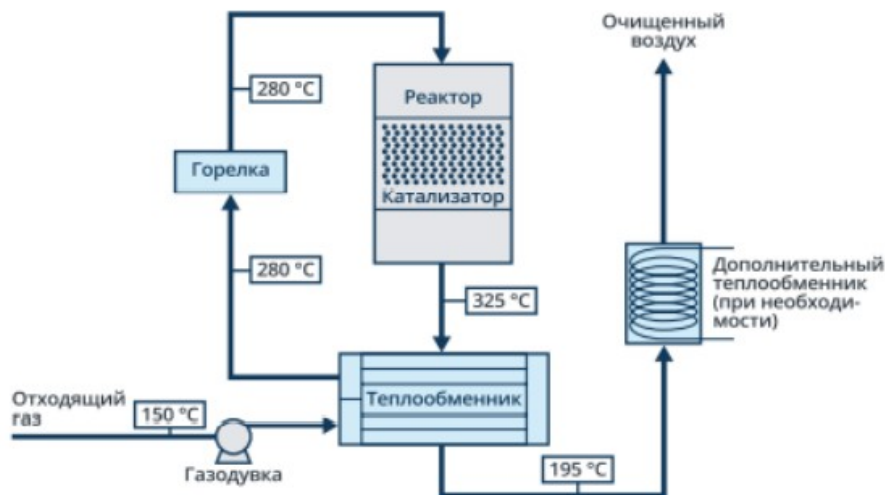


Рисунок 7.2. Принципиальная схема САТОХ

Горячий очищенный газ проходит по вторичной стороне теплообменника, где отдает часть тепла поступающему на очистку газу. Другая часть тепла через дополнительный теплообменник используется для технологических нужд – подогрева воздуха, воды, получения пара (рис. 7.2) Энергоэффективность САТОХ составляет около 80 %. При этом оборудование является легким и компактным. Например, установка каталитического окисления САТОХ до 16000 нм<sup>3</sup>/ч имеет размеры 20 футового контейнера – 2,5 м х 2,5 м х 6,0 м.

Для того, чтобы процесс был автотермическим, т. е. протекающий без использования энергоносителей для подогрева газа, необходимое содержание летучих веществ в газе должно быть не менее 2 г/Нм<sup>3</sup>. В случае более низких концентраций веществ.

Основным элементом технологии САТОХ является катализатор, обеспечивающий окисление до 99,99 % химических веществ в газовом потоке. Оптимально подобранный катализатор позволяет обеспечить очистку газа до 10 лет в зависимости от условий эксплуатации.

### 7.3.3. Мультивихревые гидрофильтры (МВГ)

"МВГ Вортэкс" предназначены для высокоэффективной очистки "мокрым" способом загрязненного воздуха от механических примесей, пыли, аэрозолей, паров и газовых примесей в составе локальных фильтровентиляционных систем, оснащенных дополнительно вентилятором, устройствами отбора загрязненного воздуха, подводящей и отводящей вентиляционной магистралями, системой подачи и отвода орошающей жидкости.

Очистка загрязненного воздуха от примесей происходит в результате его глубокого смешивания с орошающей жидкостью (промывкой), с последующим полным отделением капельной влаги из очищенного воздуха. Основой МВГ является

диспергирующая решетка особой конструкции. Загрязненный воздух проходит сквозь диспергирующую решетку снизу-вверх, а орошающая жидкость свободным истечением подается на нее сверху. В результате их смешивания формируется турбулентный дисперсный газожидкостный ("кипящий") слой, обеспечивающий высокоэффективную промывку воздуха за счет интенсивного смачивания пылевых частиц и/или растворения в орошающей жидкости газовых примесей.

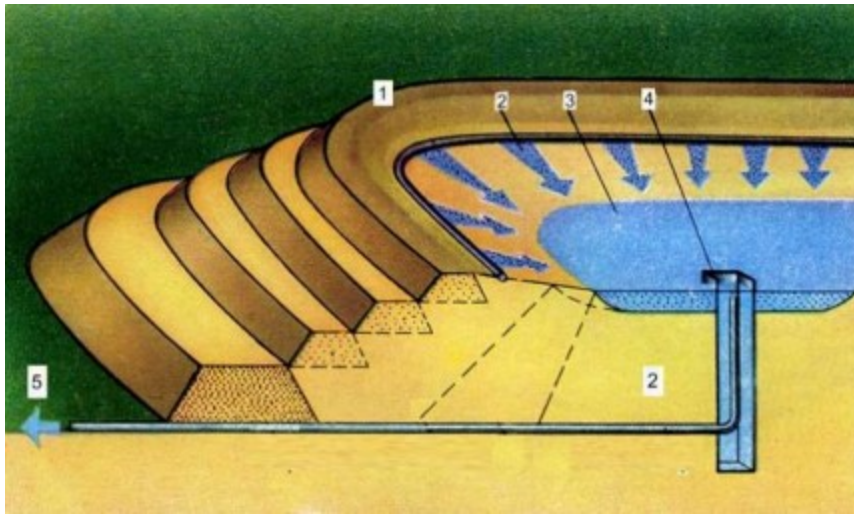
Очищенный воздух перед выходом из МВГ проходит через сепараторы, где освобождается от остаточных мелких капель жидкости. Диспергирующая решетка набирается из множества одинаковых элементов. Струи очищаемого газа, формируемые отверстиями каждого такого элемента, имеют наклон в разные стороны. Над решеткой такие струи образуют взаимно перекрещенную структуру. В процессе взаимного проникновения струй друг в друга, скачкообразно растут относительные скорости между газовой средой и каплями жидкости в этих струях. Также такая газодинамическая структура течения струй обеспечивает равномерное распределение жидкости над всей поверхностью и взаимное перемешивание газа и жидкости над решеткой по всему сечению корпуса МВГ без предварительного распыления орошающей жидкости форсунками. В результате образуется сильно турбулентный дисперсный газожидкостный слой (пена), отличающийся чрезвычайно большой удельной поверхностью контакта, высокой скоростью ее обновления и однородностью структуры. За счет этого значительно увеличивается эффективность тепло-массообмена между очищаемым газом и орошающей жидкостью.

МВГ гарантированно обеспечивают высокую эффективность очистки загрязненного воздуха при минимальных требованиях к качеству орошающей жидкости. Для таких задач, как аспирация узлов пересыпки руды, газоочистка дымовых газов от золы уноса, эффективность достигает более 99 %.

МВГ введены в эксплуатацию на аспирации узлов пересыпки руды в компании Холдинг Евразруда Казский филиал, с общей производительностью 42000 м<sup>3</sup>/час.

#### **7.3.4. Использование метода пастового сгущения при сухом складировании хвостов обогащения руд цветных металлов**

Хвосты обогатительных фабрик, перерабатывающих руды цветных металлов, являются хвостами флотационного метода обогащения. Отвальные хвосты – это тонкоизмельченная руда до 80 % класса минус 0,074 мм после извлечения из нее полезных минералов. Хвосты в виде пульпы - измельченная руда с водой, 30 % твердого складировать на хвостохранилище. Хвостовое хозяйство включает систему гидротранспорта хвостов - перекачивающие насосы с пульповодами, хвостохранилище - сложное гидротехническое сооружение и пруд отстойник сточных вод, огражденные дамбой и станцию оборотного водоснабжения с водоводами.



1- дамба, 2- пульпопровод, 3- пруд-отстойник, 4- водосбросный колодец, 5 – на пруд-отстойник сточных вод

Рисунок 7.3. Хвостохранилище

Хвостовое хозяйство обеспечивает 100 % оборот промышленной воды обогатительной фабрики, за счет отстоя воды после намыва пульпы хвостов. Для предотвращения высыхания и пыления хвостов хвостохранилище должно быть постоянно заполнено водой.

Основным недостатком такого метода складирования флотационных хвостов является задействование огромных площадей земельных участков. Количество хвостов почти равно количеству добытой руды, поступающей на обогатительную фабрику с вычетом полученного концентрата, выход которого составляет 8–2 % от объема переработанной руды для цветных металлов. По мере наполнения проектной емкости чаши хвостохранилища приступают к строительству нового хвостохранилища.

Необходимо отметить о больших эксплуатационных затратах для постоянного наращивания дамбы, переукладки пульпопроводов для равномерного намыва хвостов, контроль за устойчивостью дамбы, особый режим в зимних условиях и в период паводка.

При не надлежащих эксплуатации и контроля хвостохранилища может возникнуть прорыв дамбы, а при отсутствии своевременной рекультивации высохшие зоны пылят.

Альтернативный метод "сухого" складирования хвостов заключается в обезвоживании хвостов на оборудовании с высокой часовой производительностью и последующим компактным складированием хвостов в шахтах, карьерах, отвалах с обеспечением отсутствия пылящей поверхности.

Первой стадией в процессе обезвоживания тонкодисперсных пульп является сгущение. По профилю чаши сгустителя условно их можно разделить на виды на рисунке 7.4.



Рисунок 7.4. Виды сгустителей

На современных обогатительных фабриках практикуют сгущение хвостов до плотности 50–60 % твердого с целью получения на территории фабрики без потерь оборотной воды с фильтрацией и испарением. Сгущенные хвосты перекачивают мощными насосами на хвостохранилище.

#### **Обезвоживание хвостов с использованием пастового сгущения**

Для обезвоживания сгущением хвостов до "сухого" состояния необходимо использовать пастовые сгустители.

Свойства пасты: не разделяемая, не осаждаемая, высокая концентрация, сохраняет форму, высокая вязкость.

Характеристика пасты: 60–80 % -20 мкм, плотность твердого 3,8–4,0 г/мл, сгущенный продукт: 58–70 % в зависимости от размера частиц и плотности твердого.

Перекачка насосами "пасты" сгущенных хвостов для каждого производства различная.

Два центробежных насоса на разгрузке сгустителя, установленных параллельно позволяют:

- контролировать за уровнем в сгустителе и потоком разгрузки;
- при необходимости проведение рециркуляции сгущенного продукта;
- перекачка сгущенного продукта;
- взаимозаменяемые насосы.

Центробежные насосы, установленные последовательно, подают сгущенный продукт к месту складирования. Количество насосов зависит от расстояния складирования. При перекачке на большие расстояния рекомендуется использовать поршневые насосы.

- Работа пастового сгустителя контролируется по следующим параметрам:
- уровень постели определяется процентным содержанием твердого плотномером;
- постель регулируется насосом разгрузки;

расход флокулянта зависит от измеренного массового потока (расходомер, денсиметр);

слив контролируется содержание твердых частиц.

Преимущества использования пастовых сгустителей на хвостохранилищах представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Преимущества использования пастовых сгустителей на хвостохранилищах

№ п/п	Свойства	Преимущества
1	2	3
1	Уменьшение либо исключение прудов-отстойников	Требование меньших размеров дамб для хранения хвостов, либо их полное исключение.
2	Прочная, высыхающая поверхность	Стекание (непитываемость) дождевой воды
3	Меньшая площадь основания хвостохранилища	Требует меньший земельный отвод под складирование хвостов
4	Снижение фильтрации сточных вод	Защита грунтовых вод без дополнительного покрытия основания хвостохранилища
5	Сохраняет форму	Возможность складирования в низинах, лощинах и т.п.

При складировании хвостов в шахты используется цемент.

Применение инновационной технологии пастового сгущения хвостов является долговременным решением многих задач по утилизации промышленных отходов.

Сгущение пульпы до состояния пасты имеет несомненные преимущества: экономический эффект при складировании отвальных хвостов обогатительных фабрик с использованием пастовых сгустителей, повторное использование очищенной воды экономит ее потребление, уменьшение объема отходов уменьшает расходы на их утилизацию и делает их более безопасными, обратное заполнение горных выработок (шахт) без дорогостоящей фильтрации, нет необходимости в отводе земельных участков под хвостохранилище, минимальная концентрация загрязняющих веществ в отвальных хвостах, экологическая безопасность утилизированных хвостов (отсутствие пылящих зон).

### **Обезвоживание хвостов с помощью фильтр-прессов**

При истощении запасов руды горнодобывающие компании должны извлекать огромные объемы руды и в процессе обогащения руды образуется огромное количество хвостов, требующих разработки должного подхода в амбициозных масштабах.

Фильтрация и сухое складирование хвостов становятся все более популярными и наиболее востребованными технологиями управления хвостами. Масштабы этих

крупных месторождений и соответствующее производство хвостового шлама требуют оборудования для фильтрации, специально разработанного для такого масштаба.

Хвосты обогащения после сгущения на высокопроизводительных сгустителях обезвоживаются на фильтр-прессах. Полученный кек транспортируется на склад хвостов с последующей рекультивацией.

Итальянские производители фильтр-прессов компании МАТЕС разработали ряд высокопроизводительных конструкций.

Линейка Magnum – это фильтра с большой производительностью, гарантируют работу с большими объемами и потоками пульпы.

Линейка Megalith – это фильтр-прессы самой большой производительности в Европе гарантируют работу с очень большими объемами и потоками пульпы.

Фильтр-прессы для обезвоживания хвостов имеют следующие преимущества:

НРТ (технология высокого давления);

Фильтры работают под более высоким давлением, чем фильтры для концентратов. Наличие более высокого давления подразумевает использование наилучших компонентов для его поддержания, а также достижение высоких результатов и особенно более коротких циклов.

New TT2 Fast;

Технология New TT2 Fast – система быстрого открытия пакета плит. Она работает в секциях и за счет двух специальных гидравлических поршней, которые перемещают стальную тягу для зацепления различных секций.

Системы встряхивания плит GASSER;

Гидравлические цилиндры поднимают плиты, чтобы встряхнуть их и отделить пульпу от фильтрующих полотен.

Система промывки REAL WASH;

100 % автоматическая система очистки, промывающая 20 из 20 плит, что способствует достижению высокой скорости и отличных результатов. Система позволяет промывать фильтрующие полотна и трубопроводы.

Главное преимущество – возможность оператора незамедлительно проверить результат:

отсутствие дополнительного насоса и потерь воды;

мембранные плиты.

Специальные плиты, которые можно заполнить водой для еще большего обезвоживания пульпы и получения кеков с меньшим количеством остаточной влаги.

поддон;

Это специальный каплесборник, расположенный под фильтр-прессом для сбора капель воды с плит.

продувка центрального канала;

Система продувки представляет собой систему, предназначенную для очистки основного канала подачи от пульпы, которая задерживается в диффузионном канале плитами. Продувка выполняется после завершения цикла фильтрации, но до выгрузки кека. Специальная система клапанов позволяет пульпе обойти насос для подачи шлама и снова слиться в гомогенизирующую емкость для пульпы.

осушитель кека;

Система осушителя кека установлена для понижения уровня остаточной влажности кеков, посредством ввода воздуха в фильтр-пресс. Воздух осушает кеки и сбрасывается через дренажную систему.

Компания Diemme® Filtration спроектировала и произвела из поколения огромных фильтр-прессов, производительность которых примерно в три раза превышает производительность самого большого фильтр-пресса, работающего в настоящее время.

Новый фильтр-пресс GHT5000F Domino имеет следующие ключевые особенности:

система для удаленного контроля, управления и оптимизации

встроенная рабочая платформа для удобства обслуживания.

система промывки с 6 точками промывки для однородной промывки фильтра после каждого цикла.

автоматическая система мойки ткани под высоким давлением с двойной моющей штангой для одновременной очистки тканей в двух камерах и сокращения вдвое времени простоя при выполнении мойки ткани высокого давления.

части рамы представляют собой предварительно собранные на заводе модули, что сокращает время сборки на месте.

кабельные соединения quick-connect между модулями сводят к минимуму количество проводов и обеспечивают быструю сборку на месте.

замена ткани с любой стороны фильтра с возможностью одновременной замены нескольких тканей.

Преимущества:

С максимальным общим объемом фильтрации  $71 \text{ м}^3$  и максимальной общей площадью фильтрации  $2850 \text{ м}^2$  GHT5000F Domino является самым большим фильтр-прессом, доступным на рынке. В проектах с большой производительностью GHT5000F Domino значительно уменьшит капитальные затраты на установку для фильтрации хвостов по сравнению с установкой множества фильтр-прессов меньшего размера для той же задачи. В каждом конкретном случае можно оценить общую стоимость вложения и определить, обеспечивает ли сокращение количества крупных фильтровальных установок экономию по сравнению с системой с большим количеством установок меньшего размера.

### **7.3.5 Сухая система газоочистки с вдуванием адсорбента MEROS**

Позволяет исключить использование воды из процесса очистки газов.

Система рассчитана на снижение уровня  $SO_x$  более, чем на 97 %.

Концентрации PCDD/F (диоксинов) снижаются до менее 0,1 нг диоксина в токсическом эквиваленте/Нм<sup>3</sup>.

Исключительно низкая запыленность.

В качестве агента для удаления серы будет применяться бикарбонат натрия (SBC).

Принцип работы:

По технологии Meros адсорбенты и десульфураторы, такие как активированный уголь и гидрокарбонат натрия, вдуваются и равномерно распределяются в потоке отходящих газов. Это позволяет эффективно связывать и удалять тяжелые металлы, вредные и опасные органические соединения, двуокись серы и другие кислотные газы. Применение гидрокарбоната натрия для сокращения объема диоксида серы также устраняет необходимость в модифицирующем реакторе. Частицы пыли осаждаются на специально разработанном энергоэффективном рукавном фильтре. Большая часть пыли, удаленная электрофильтром, возвращается в поток отходящих газов, что еще более оптимизирует эффективность и экономичность технологии газоочистки. Любые оставшиеся неиспользованными присадки вновь контактируют с отходящими газами, которые окончательно и почти полностью утилизируются. Благодаря применению гидрокарбоната натрия вместо гашеной извести образуется значительно меньше отработанного остатка. АСУТП обеспечивает стабильную работу даже при значительных колебаниях в объеме и составе отходящих газов. Таким образом ограничения по выбросам соблюдаются всегда.

### **7.3.6 Использование отходов полиэтилена и полипропилена с последующей температурной обработкой до сплавления с поверхностью хвосто- и шламохранилища**

При способе образования защитного экрана, заключающемся в приготовлении гидроизоляционной смеси, содержащей отходы полиэтилена, укладке ее на основание хранилища и термической обработке, приготавливают смесь из отходов полиэтилена - 70-99 % и полипропилена - 1-30 %, после укладки на основание хранилища ее подвергают термической обработке при температуре плавления смеси или поверхностного слоя хранилища.

Техногенный процесс консервации включает три стадии:

планирование поверхности хвостохранилища;

проведение дренажных мероприятий;

создание композитного слоя.

Применение данного способа позволяет повысить прочность, устойчивость к деформации экранярующего покрытия, создать покрытие, устойчивое к воздействию агрессивных сред, экологически безопасное для окружающей среды.

Использование данной технологии решает несколько задач:



при нанесении полимерного покрытия на каждом квадратном метре можно утилизировать порядка 12–15 кг отходов полиэтилена;

снижение пыления хвостохранилища.

Комплекс исследований проведены на территориях расположения техногенных массивов ОАО "Михайловский ГОК" [74].

Применение геотекстиля (геомембраны) из вторичных материалов широко применяется как в Казахстане, так и в мире.

К примеру, в США применяется технология с использованием смеси переработанных вторичных полиэтиленовых и полипропиленовых окатышей (The studied residuals of copper ore enrichment can be insulated with a mixture of processed secondary polyethylene and polypropylene pellets). Аналогичная технология применяется на Гайском ГОКе.

### **7.3.7 Закрепление пылящих поверхностей хвостохранилищ путем нанесения на поверхность меловой суспензии с последующей обработкой ее разбавленным раствором серной кислоты**

Предварительно обработку пылящих поверхностей хвостохранилищ осуществляют суспензией мела, а для последующей кислотной обработки поверхности используют серную кислоту в стехиометрическом соотношении к внесенному мелу в виде водного раствора.

На первом этапе осуществляется нанесение на пылящую поверхность суспензии мела. Затем производится обработка поверхности раствором серной кислоты. Способ закрепления пылящих поверхностей хранилищ отходов обогащения цветных руд, включающий обработку поверхности разбавленным раствором кислоты, отличающийся тем, что предварительно обработку пылящих поверхностей хвостохранилищ осуществляют суспензией мела с концентрацией 5-25 мас. %, а для последующей кислотной обработки поверхности используют серную кислоту в стехиометрическом соотношении к внесенному мелу в виде водного раствора с концентрацией от 5 до 15 мас. %.

Использование способа позволяет создать на поверхности хранилища отходов непылящий слой.

В 2012 проведены эксперименты, на техногенных грунтах хвостохранилища Лебединского ГОКа в лабораторных условиях, а также полевые испытания [75].

## **8. Дополнительные комментарии и рекомендации**

Справочник по НДТ подготовлен в рамках государственного задания по бюджетной программе 044 "Содействие ускоренному переходу Казахстана к зеленой экономике путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций" в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности и экспертом по экономике.

Подготовка настоящего справочника осуществлялась при участии технической рабочей группы, созданной приказом председателя правления Центра. В состав технической рабочей группы вошли представители субъектов промышленности по соответствующим области применения справочника по НДТ отраслям, государственные органы в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научные и проектные организации, экологические и отраслевые ассоциации.

На первом этапе разработки справочника проведен КТА – экспертная оценка текущего состояния предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей, и степень воздействия предприятий на окружающую среду.

Оценка соответствия технологий, реализованных на предприятиях по добыче и обогащению руд цветных металлов (включая драгоценные), принципам НДТ, была выполнена в соответствии с методикой проведения экспертной оценки технологических процессов организаций на соответствие принципам наилучших доступных технологий.

Целью экспертной оценки являлось определение настоящего технологического состояния предприятий по добыче и обогащению руд цветных металлов и их оценка в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии со ст. 113 Экологического кодекса, директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений), а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

Были проведены анализ и систематизация информации горнодобывающей и горнообогатительной отрасли в целом, о применяемых в отрасли технологиях, оборудовании, сбросах и выбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, других факторов воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении с использованием литературных данных, изучения нормативной документации и экологических отчетов.

При подготовке справочника по НДТ изучался европейский подход внедрения НДТ.

Структура справочника по НДТ разработана по результатам проведенного КТА и анализа особенностей структуры отрасли по добыче и обогащению руд цветных металлов Республики Казахстан, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены передовые технологии на стадии НИР и НИОКР, применяемые на практике или в качестве опытно-промышленных установок.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и технологических показателей, связанных с применением НДТ ;

внедрение АСМ эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов горнодобывающей и горнообогатительной отрасли на окружающую среду.

## **Библиография**

Отчет об экспертной оценке АО "Алюминий Казахстана" предприятия на соответствие принципам наилучших доступных технологий часть 1. Павлодарский алюминиевый завод. НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов". Нур-Султан, 2021.

Амбарникова Г.А. Комплексная переработка бокситового сырья. Сырьевая база алюминиевой промышленности Казахстана. Алматы: Академия минеральных ресурсов РК, 2002, с. 15 – 17.

Пяйви Кауппила, Марья Лииса Ряйсянен, Сари Мюллюоя Наилучшие экологические практики в горнодобывающей промышленности (металлические руды), Центр окружающей среды Финляндии, Хельсинки, 2011 [Электронный ресурс].

Отчет о проведении 2 уровня инвентаризации ртути в Республике Казахстан, 2019 [Электронный ресурс].

Руководство по оценке отчетов ОВОС горнорудных проектов, Всемирный Альянс Экологического Права, 2010.

MINEO Consortium "Review of potential environmental and social impact of mining", 2000.

Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: Руководство по определению НДТ и установлению уровней

экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ, Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского, Москва, 2020, с. 81.

Smets, T., S. Vanassche and D. Huybrechts (2017), Guideline for determining the Best Available Techniques at installation level, VITO, Mol [Электронный ресурс].

European Commission (2006) European IPPC Bureau, "Economics and Cross-Media Effects").

Постановление Правительства РК №187 от 1/04/2022г. "Об утверждении перечня пятидесяти объектов I категории, наиболее крупных по суммарным выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду на 1 января 2021 года".

Параграф 4 "Плата за негативное воздействие на окружающую среду" ст.576, гл. 69, раздел 18 "Платежи в бюджет" Налогового кодекса РК.

Ст.328 "Нарушение нормативов допустимого антропогенного воздействия на окружающую среду" Кодекс об административных правонарушениях РК.

Ракишев Б.Р. Вскрытие карьерных полей и системы открытой разработки, Алматы, 2012, с. 320.

Вокин В.Н., Морозов В.Н. Открытая геотехнология, Красноярск, Сиб. федер. ун-т, 2013, с. 156.

Ракишев Б.Р. Технологические комплексы открытых горных работ, Алматы, 2015, с. 313.

Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий, ФГАУ "НИИ "ЦЭПП", 2019, с. 824.

Мальгин О.Н. Основные способы снижения выбросов пыли и газов при выполнении массовых взрывов в карьере Мурунтау, Журнал "Горная Промышленность", №4, 2002.

Комонов С.В., Комонова Е.Н. Ветровая эрозия и пылеподавление, Красноярск, изд-во СФУ, 2008, с. 192.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 25–2021 "Добыча и обогащение железных руд".

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 16–2016 "Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы".

Пяйви Кауппила, Марья Лииса Ряйсянен, Сари Мюллюоя Наилучшие экологические практики в горнодобывающей промышленности (металлические руды), Центр окружающей среды Финляндии, Хельсинки, 2013 [Электронный ресурс].

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 25–2017 "Добыча и обогащение железных руд";

Хоменко О.Е., Кононенко М.Н. Вскрытие и подготовка рудных месторождений при подземной разработке. М–во образования и науки Украины, НГУ, 2016, 101 с.

Милехин, Г.Г. Вскрытие и подготовка рудных месторождений, Мурманск: Изд-во МГТУ, 2004, с. 113.

Хоменко О.Е. Горное оборудование для подземной разработки рудных месторождений: справочное пособие, Д.: Национальный горный университет, 2011, с. 448.

Правила технической эксплуатации рудников, приисков и шахт, разрабатывающих месторождения цветных, редких и драгоценных металлов. М., "Недра", 1981, с. 109.

Хоменко О.Е., Кононенко М.Н. Процессы при подземной разработке рудных месторождений. М–во образования и науки Украины, НГУ, 2015, 202 с.

Казикаев Д.М. Комбинированная разработка рудных месторождений, 2008.

Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых, Москва, "НЕДРА", 1985.

Газалеева Г.И., Цыпин Е.Ф., Червяков С.А. Рудоподготовка. Дробление, грохочение, обогащение, Екатеринбург, 2014.

Комплексное освоение недр земли: Новые методы разработки и обогащения многокомпонентных руд и углей в условиях кризиса. ИПКОН РАН, Москва, 2011.

Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. Основные процессы. Специальные и вспомогательные процессы. Москва, "НЕДРА", 1983.

Полькин С.И., Адамов Э.В. Обогащение руд цветных металлов, Москва, "НЕДРА", 1975.

Абрамов В.Я., Еремин Н.И. Выщелачивание алюминатных спеков, 1976, с. 208.

Дуденков С.В. Шубов Л.Я. Обогащение руд цветных и редких металлов, Москва, "НЕДРА", 1976.

Практика обогащения руд цветных, редких и благородных металлов на фабриках СССР. УРАЛМЕХАНОБР, Москва, "НЕДРА", 1964.

СТ РК ISO 14001:2015. Системы экологического менеджмента-Требования и руководство по применению.

СТ РК ISO 50001–2019. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию.

Горлова, О. С. Техногенные месторождения полезных ископаемых / О. С. Горлова. – Магнитогорск: МГТУ им. Н. Носова, 2001. – 77 с.

Горное дело: терминологический словарь / под науч. ред. акад. РАН К. Н. Трубецкого и чл.–корр. РАН Д. Р. Каплунова. – М.: Горная книга, 2016. – 635 с.

Каменев, Е. А. Техногенные минерально–сырьевые ресурсы / Е. А. Каменев, Ю. А. Киперман, М. А. Комаров, В. А. Коткин, А. Б. Аширматов; под ред. Б. К. Михайлова. – М.: Научный мир, 2012. – 236 с.

Бибик И.Д. Сокращение пылевых выбросов из печей спекания ОАО "Алюминий Казахстана". Сборник докладов VIII Международной конференции 10-12 сентября 2002 г. Красноярск, 2002.

Потапова Т.Б., Богданов А.В., Налепов А. В., Григорьев А.А., Ибраев Д.Ж., Токарчук В.К. Опыт создания АСУТП на предприятиях цветной металлургии Казахской ССР (на примере глиноземного производства). Алма-Ата: Наука, 1988, 120 с.

Земсков А.Н. Пути улучшения ситуации в горно-машиностроительной промышленности России, Журнал "Горная Промышленность", 2005, № 3, с. 22-29.

Долженко П.А., Долженков А.П., Шек В.В. Перспективы применения карьерных самосвалов большой и особо большой грузоподъемности на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан, Горный информационно–аналитический бюллетень, 2013, № 9, с. 227-228.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 23–2017 "Добыча и обогащение руд цветных металлов".

Эйгелес М.А. Реагенты–регуляторы во флотационном процессе, Москва, "НЕДРА", 1977.

Шевкун Е. Б. Взрывные работы под укрытием. Хабаровск: Изд–во Хабар. гос. техн. ун–та, 2004, 202 с.

Чемезов Е.Н., Делец Е.Г. Борьба с пылью на открытых горных работах, Научно-технический журнал Вестник, 2017, № 1, с. 42-46.

Мартьянов В. Л. Аэрология горных предприятий, КузГТУ, Кемерово, 2016.

Каркашадзе Г.Г., Немировский А.В. Разработка способа предотвращения пыления наливного хвостохранилища горного предприятия с использованием глинокомполитных адгезионных хвостов, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014.

Schenck Process Фильтры с импульсной очисткой LST/LSTC [Электронный ресурс].

Проектная документация ОАО "Лебединский ГОК", Раздел 8 "Перечень мероприятий по охране окружающей среды", 2013 [Электронный ресурс].

Сборник докладов XII конференции "Пылегазоочистка-2019", Москва, 2019.

Сборник докладов второй международной конференции "Пылегазоочистка-2009" Москва, 2009.

Большина Е.П. Экология металлургического производства Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", 2012.

Филягина К.О., Тюленева Т.А. Опыт Индии в использовании шахтных сточных вод. XIII Всероссийская научно–практическая конференция молодых ученых "Россия молодая", 2021.

Система осушения Стойленского ГОКа, Новотэк, Научно-технический и экспертный центр новых экотехнологий в гидрогеологии и гидротехнике [Электронный ресурс].

Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Совершенствование закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Казахстана. Горн. журн. Казахстана, 2012, № 10.

Гусев Ю.П., Березиков Е.П., Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малеевском руднике Зыряновского ГОКа (АО "Казцинк"). Горн. журн. Казахстана, 2008, № 11.

Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Исследование составов смесей для совершенствования закладочных работ на подземных рудниках Восточного Казахстана. Горн. журн. Казахстана, 2010, № 4.

Музгина В.С. Опыт и перспективы использования отходов производства для закладки. ИГД им. Д.А. Кунаева "Науч.–техн. обеспеч. горного про–ва", № 68, 2004.

Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н., Турсунбаева А.К. Технология закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан. ФТПРПИ, № 1, 2013, с. 95–105.

Кузьменко О.М. Состояние и перспективы развития закладочных работ на подземных рудниках Украины. Вестник НГУ, 2013, с. 109–117.

Грехнев Н.И., Рассказов И.Ю. Техногенные месторождения в минеральных отходах Дальневосточного региона как новый источник минерального сырья. Горный информационно–аналитический бюллетень, 2007, № 3, с. 38–46.

Анисимов В.Н. Безотходная переработка природно-техногенных месторождений мобильными технологическими комплексами. Журнал "Горная промышленность", №4 (86), 2009, с. 42.

Хазин М. Л., Штыков С. О. Карьерный электрифицированный транспорт. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2018, Т.16. №1, с. 11–18.

Stupina A.A., Shigina A.A., Shigin A.O., Karaseva M.V., Ezhemanskaja S.N. Automated intellectual system with the short–duration nature of feedback. Life Science Journal, 2014, № 11 (8s), с. 302–306.

Панжин А.А., Голубко Б.П. Применение спутниковых систем в горном деле. Известия Уральской государственной горно–геологической академии, 2000, №11, с.183–195.

Артемьев В.Б., Коваленко В.А., Каинов А.И., Опанасенко П.И., Исайченков А.Б. Современные информационные технологии в подготовке и проведении БВР на угольных разрезах СУЭК. Уголь, 2012, № 11, с. 6–13.

Рыбак Л.В., Бурцев С.В., Ефимов В.И. Система контроля параметров высокоточного бурения на открытых горных работах. Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2017, № 2, с. 119–125.

Мачулов В.Н. Системы точного управления и позиционирования буровых станков – решение для повышения производительности и эффективности ведения буровзрывных работ в карьерах. Журнал "Горная Промышленность", №6 (118), 2014, с. 66.

Владимиров Д.Я. Интеллектуальный карьер: эволюция или революция, Горный информационно–аналитический бюллетень, 2015, № 1, с. 77-82.

Литвиненко В.С. Способ образования защитного экрана, 2005 [Электронный ресурс].

Синица И.В., Сергеев С.В., Лычагин Е.В. Способ закрепления пылящих поверхностей хранилищ отходов обогащения железных руд.