

## Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Захоронение отходов"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 2 июня 2026 года № 207

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

1. Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Захоронение отходов".

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

*Премьер-Министр  
Республики Казахстан*

*О. Бектенов*

Утвержден  
постановлением Правительства  
Республики Казахстан  
от 2 июня 2026 года № 207

### Справочник по наилучшим доступным техникам "Захоронение отходов"

Список рисунков

Список таблиц

Глоссарий

Предисловие

Область применения

Принципы применения

1. Общая информация

1.1. Общие определения о захоронении отходов, объекты захоронения отходов

1.2. Виды отходов и их образование. Обзор отрасли по захоронению отходов

1.3. Вспомогательные операции

1.4. Экологические аспекты захоронения отходов производства и потребления

1.4.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

1.4.2. Воздействие на подземные и поверхностные воды, сбросы загрязняющих веществ

1.4.3. Воздействие на земельные ресурсы

1.5. Потребление энергоресурсов

1.6. Факторы физического воздействия

1.7. Обеспечение готовности к аварийным ситуациям и реагированию на них

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. Инвестиционная обоснованность затрат

2.3.4. Анализ затрат и выгод

2.3.5. Соотношение затрат и ключевых экономических показателей

2.3.6. Прирост себестоимости

2.3.7. Соотношение затрат и экологического результата

2.3.8. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

2.3.9. Расчет "на установке"

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

3.1. Процессы на полигонах опасных отходов – 1 класс

3.2. Процессы на полигонах неопасных отходов – 2 класс

3.3. Процессы на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) – 3 класс

3.4. Процессы на объектах долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности

3.5. Процессы на объектах долгосрочного хранения отходов энергетических, металлургических и химико-металлургических производств

3.6. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду на объектах захоронения отходов

3.7. Энергоэффективность

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

4.1. НДТ организационно-управленческого и организационно-технического характера

4.1.1. Внедрение системы экологического менеджмента

4.1.2. Внедрение системы энергетического менеджмента

4.2. Управление технологическим процессом

4.3. Управление эмиссиями в окружающую среду

4.4. Мониторинг эмиссий

4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ

4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

4.4.3. Мониторинг подземных вод

4.5. Техники управления и снижения физического воздействия

4.5.1. Шум

4.5.2. Вибрация

4.6. Запах

#### 4.7. Управление отходами

#### 5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

##### 5.1. Техники при проектировании, строительстве и обустройстве объектов захоронения отходов

###### 5.1.1. Противофильтрационный экран

###### 5.1.2. Вертикальная противофильтрационная завеса

###### 5.1.3. Укрепление внешних откосов ограждающих устройств при их захоронении навалом (насыпью)

###### 5.1.4. Система сбора свалочного газа (дегазации) на объектах захоронения ТБО..

###### 5.1.5. Система отвода сточных вод (дренажная система)

###### 5.1.6. Мониторинговые скважины

##### 5.2. Техники при эксплуатации объектов захоронения отходов

###### 5.2.1. НДТ, направленные на подготовительные операции

###### 5.2.1.1. Подготовка ТБО к захоронению путем их сортировки с извлечением ресурсных фракций и органических биоразлагаемых материалов

###### 5.2.1.2. Измельчение кусковых отходов перед захоронением

###### 5.2.1.3. Подготовка ТБО к захоронению путем их прессования и (или) брикетирования

###### 5.2.2. НДТ, направленные на захоронение отходов

###### 5.2.2.1. Гидроорошение при захоронении отходов добычи и обогащения природных ресурсов навалом (насыпью)

###### 5.2.2.2. Уплотнение отходов при их захоронении навалом (насыпью)

###### 5.2.2.3 Укрепление внешних откосов отходов при захоронении навалом (насыпью)

###### 5.2.2.4. Гидроорошение ТБО при захоронении навалом (насыпью)

###### 5.2.2.5. Послойное покрытие ТБО инертным материалом, не запрещенным к использованию

###### 5.2.2.6. Захоронение отходов, прошедших сортировку

###### 5.2.2.7. Предотвращение пыления сухих пляжей при размещении отходов в хранилищах путем поддержания уровня "водного зеркала" выше верхней границы пляжей

###### 5.2.2.8. Вермикомпостирование

###### 5.2.2.9. Захоронение золы и золошлаков от термической утилизации отходов

###### 5.2.3. НДТ, направленные на обработку фильтрата

###### 5.2.3.1. Обработка фильтрата

###### 5.2.3.2. Обработка дренажных и ливневых вод перед их сбросом в водные объекты

###### 5.2.3.3. Рециркуляция фильтрационных и дренажных вод при захоронении ТБО..

###### 5.2.3.4. Использование фильтрата для поверхностного увлажнения отходов с целью предупреждения возгораний, пыления, разноса ветром

## 5.2.4. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения

### 5.2.4.1. Рекуперация тепла

### 5.2.4.2. Дегазация и утилизация биогаза

5.2.4.3. Внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления фильтратом и биогазом

5.2.4.4. Применение систем автоматизированного управления процессами эксплуатации полигона

## 5.2.5. НДТ, направленные на обработку свалочного газа

### 5.2.5.1. Очистка свалочного газа

### 5.2.5.2. Когенерация

### 5.2.5.3. Сжигание на факелах

## 5.3. Техники при закрытии и ликвидации объектов захоронения отходов

### 5.3.1. Устройство верхнего изоляционного покрытия

### 5.3.2. Рекультивация объектов захоронения отходов

5.3.3. Высев многолетних трав и травосмеси местных пород, озеленение, предотвращение эрозии почв

5.4. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов загрязняющих веществ

### 5.4.1. Отстаивание

### 5.4.2. Химическое осаждение

### 5.4.3. Адсорбция с применением активированного угля

### 5.4.4. Нейтрализация

### 5.4.5. Окисление

### 5.4.6. Коагуляция, флокуляция

### 5.4.7. Переработка цианида с использованием мембранной технологии

### 5.4.8. Осаждение цианида сульфатом железа

### 5.4.9. Окислительные процессы удаления цианида

5.4.10. Предотвращение загрязнения цианидами посредством снижения их концентрации в водоемах террикона до минимально возможного уровня

## 6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

### 6.1. Общие НДТ

#### 6.1.1. Система экологического менеджмента

#### 6.1.2. Управление энергопотреблением, энергоэффективность

#### 6.1.3. Управление технологическими процессами

#### 6.1.4. Мониторинг эмиссий

#### 6.1.5. Шум, вибрация, запах

### 6.2. Неорганизованные выбросы

### 6.3. Организованные выбросы

#### 6.3.1. Выбросы оксида углерода

- 6.3.2. Выбросы оксидов азота
- 6.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод
- 6.5. Управление отходами
- 6.6. Требования по ремедиации
- 7. Перспективные техники
  - 7.1. Перспективные техники при обустройстве объектов захоронения отходов
    - 7.1.1. Применение цеолитов в защитных слоях
  - 7.2. Перспективные техники при эксплуатации объектов захоронения отходов
    - 7.2.1. Перспективные техники при транспортировке отходов на объекты захоронения отходов.
      - 7.2.1.1. Автоматизированная система удаленного входного контроля отходов
    - 7.2.2. Перспективные техники при захоронении отходов
      - 7.2.2.1. Технология биоактивации отходов объектов захоронения ТБО
        - 7.2.2.3. Оптимизация устройства объекта захоронения ТБО за счет применения многофункциональной рабочей площадки
      - 7.2.3. Перспективные техники при обращении с фильтрационными, дренажными, ливневыми водами
        - 7.2.3.1. Литификация фильтрата, образующегося на объектах захоронения ТБО, с последующим его использованием для послойной изоляции
      - 7.2.4. Перспективные техники при обращении с выбросами в атмосферу
        - 7.2.4.1. Закрепление пылящих поверхностей объектов захоронения отходов
        - 7.2.4.2. Технология системы извлечения, сжигания биогаза и очистки отходящих газов на объекте захоронения ТБО
        - 7.2.4.3. Способ термического обезвреживания биогаза объектов захоронения ТБО
        - 7.2.4.4. Способ сбора и отвода фильтрационных вод и биогаза на объектах захоронения ТБО
        - 7.2.4.5. Окислительные процессы удаления цианида
    - 7.3. Перспективные техники при закрытии объектов захоронения отходов в постэксплуатационный период
      - 7.3.1. Применение шлаков с преобладающим содержанием оксида кальция в конструкции послойного изолирующего покрытия объектов захоронения отходов
    - 7.4. Перспективные техники в области энерго-и ресурсосбережения
      - 7.4.1. Интеграция систем с использованием водорода
      - 7.4.2. Использование высокоэффективных термоэлектрических генераторов 242
      - 7.4.3. Системы хранения энергии
      - 7.4.4. Технологии утилизации углерода (Carbon Capture and Storage, CCS)
    - 7.5. Перспективные техники при контроле состояния систем обустройства объектов захоронения отходов

7.5.1. Контроль состояния изолирующего покрытия объектов захоронения отходов с использованием промышленного рентгеновского сканера

7.5.2. Контроль состояния объектов захоронения отходов при помощи дистанционного зондирования

7.5.3. Контроль состояния склонов объектов захоронения отходов на основе системы датчиков

## 8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Библиография

Оглавление

Список рисунков

Рисунок 3.1.	Технологическая схема полигона.
Рисунок 5.1.	Процесс укладки комбинированного экрана [27].
Рисунок 5.2.	Пример размещения бентолитовых матов на изолируемой поверхности.
Рисунок 5.3.	Образец поперечного сечения герметизации полигона ЕС.
Рисунок 5.4.	Схема использования противofильтрационного экрана в Российской Федерации [27].
Рисунок 5.5.	Аэроснимок полигона II (район Сулков) [25].
Рисунок 5.6.	Рекультивация токсичного полигона с использованием изоляционной стены ECOSOL (Сполана Нератовице) [29].
Рисунок 5.7.	Геоизоляция полигона с герметизацией подземной стены (Кема Скальна) [29].
Рисунок 5.8.	Пример укрепления внешних откосов ограждающих устройств [30].
Рисунок 5.9.	Примеры покрытия откосов полигона противofильтрационным экраном [27].
Рисунок 5.10.	Использование шин в качестве технологического материала.
Рисунок 5.11.	Дегазационная скважина на полигоне инертных отходов (Либчице).
Рисунок 5.12.	Примеры механизированной сортировки ТБО.

Рисунок 5.13.	Грохот грубой очистки Lokotrack ST2.8 на полигоне ТБО. Слева горка с промежуточной фракцией, впереди – надфракция, справа – наименьшая подфракция [33].
Рисунок 5.14.	Подающий конвейер для транспортировки измельченных отходов на сита [33].
Рисунок 5.15.	Наименьшая из отсортированных фракций дробления отходов ТБО [33].
Рисунок 5.16.	Образец оборудования для брикетирования отходов ТБО [34].
Рисунок 5.17.	Зависимость плотности ТБО на полигоне от количества проходов уплотняющей техники [31].
Рисунок 5.18.	Влияние массы уплотняющей техники на уплотнение ТБО.
Рисунок 5.19.	Уплотнение отходов.
Рисунок 5.20.	Компактор на полигоне ТБО, Чехия [28].
Рисунок 5.21.	Рекультивация полигонов, укладка изоляционных слоев [36].
Рисунок 5.22.	Укладка рекультивационных слоев.
Рисунок 5.23.	Окончательная засыпка гумусом подготовленного откоса тела полигона.
Рисунок 5.24.	Откос полигона с противозерозионным покрытием и видимым горизонтальным дегазационным дренажем .
Рисунок 5.25.	Биологическая рекультивация [25].
Рисунок 5.26.	Метод отстаивания.

## **Список таблиц**

Таблица 1.1.	Информация по полигонам для захоронения ТБО в Казахстане за 2022 – 2023 годы
Таблица 1.2.	Общий объем утилизированных и захороненных отходов за 2024 год, тонн

Таблица 1.3.	Общий объем утилизированных и захороненных отходов, разделенных по видам за 2024 год, тонн
Таблица 1.4.	Движение опасных отходов в Республике Казахстан за 2022 – 2023 годы
Таблица 1.5.	Виды опасных отходов с наибольшими объемами образования в 2023 году
Таблица 1.6.	Движение неопасных отходов в Республике Казахстан за 2022 – 2023 годы
Таблица 1.7.	Виды неопасных отходов с наибольшими объемами образования за 2023 год
Таблица 1.8.	Виды отходов с наибольшими объемами образования в 2022 году
Таблица 1.9.	Виды отходов с наибольшими объемами образования в 2023 году
Таблица 1.10.	Доля переработанных и утилизированных ТБО в Казахстане за 2018 – 2023 годы, %
Таблица 1.11.	Типовой химический состав фильтрата
Таблица 2.1.	Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды
Таблица 3.1.	Состав ТБО, % по массе
Таблица 3.2.	Состав строительного мусора
Таблица 3.3.	Состав золошлаковых отходов
Таблица 3.4.	Информация по этапам процесса полигона
Таблица 4.1.	Параметры проведения мониторинга подземных вод
Таблица 5.1.	Методы осаждения металлов и их соединений
Таблица 6.1.	Периоды усреднения уровней выбросов и сбросов, связанные с НДТ

Таблица 6.2.

Технологические показатели выбросов СО при использовании когенерационной установки на полигонах ТБО

Таблица 6.3.

Технологические показатели выбросов NOx при использовании когенерационной установки на полигонах ТБО

## Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Захоронение отходов" (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 определения;  
сокращения и обозначения;  
химические формулы;  
единицы измерения.

Термины и определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

движущая сила внедрения	–	причины реализации технологии, например, законодательство, необходимость улучшения 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;
		документ, являющийся результатом соответствующего обмена информацией между заинтересованными сторонами,

справочник по наилучшим доступным техникам	—	разработанный для определенных видов деятельности и включающий уровни эмиссий, объемы образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, а также заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам и любым перспективным техникам;
технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник	—	диапазон уровней эмиссий (концентраций загрязняющих веществ), 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;
комплексный технологический аудит	—	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;
кросс-медиа эффекты	—	возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому. Любые побочные эффекты и отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии;
		вещества или группы веществ, которые обладают одним или

опасные вещества	—	несколькими опасными свойствами, такими, как токсичность, стойкость и биоаккумулятивность, или классифицируются как опасные для человека или окружающей среды;
достигнутые экологические выгоды	—	основное воздействие(я) на окружающую среду, которое должно рассматриваться с помощью технологии (процесса или борьбы), включая достигнутые значения сбросов и эффективность работы; экологические выгоды метода по сравнению с другими;
действующая установка	—	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;
окружающая среда	—	совокупность окружающих человека условий, веществ и объектов материального мира, включающая в себя природную и антропогенную среду;
воздействие на окружающую среду	—	любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов объектов;
		автоматизированная система производственного экологического мониторинга, отслеживающая показатели эмиссий в окружающую среду на основных стационарных источниках эмиссий, которая обеспечивает передачу данных в

автоматизированная система мониторинга эмиссий в окружающей среде —	информационную систему мониторинга эмиссий в окружающую среду в режиме реального времени, в соответствии с Правилами ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля, утвержденными уполномоченным органом в области охраны окружающей среды;
сброс загрязняющих веществ —	поступление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, недра или на земную поверхность;
загрязнение —	прямое или опосредованное внесение в результате деятельности человека веществ, вибрации, высоких температур или шума в атмосферу, водную среду или на земную поверхность, следствием чего является нанесение вреда здоровью человека или ухудшение окружающей среды; порча имущества; снижение качества или невозможность законного использования природных (и иных) благ окружающей среды;
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;
	систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов

мониторинг	—	, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т.д.;
биохимическое потребление кислорода	—	количество растворенного кислорода, потребляемого за установленное время и в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ;
химическое потребление кислорода	—	количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей;
анализ жизненного цикла	—	термин "анализ жизненного цикла" употребляется для обозначения анализа воздействия продукта или изделия на окружающую среду на протяжении его жизненного цикла . Анализ жизненного цикла предназначен для оценки суммарного воздействия продукта на окружающую среду в течение всего жизненного цикла этого продукта, то есть включая сырье, производство, использование, возможную рециркуляцию или повторное использование, а также последующую утилизацию продукта;
перспективные техники	—	техники с потенциалом улучшения экологической эффективности, но которые еще не были коммерчески применены или которые все еще находятся на стадии исследований и разработок ;
		уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества ( массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/Нм <sup>3</sup> , мг/дм <sup>3</sup> ) и (или) количества потребления

технологические показатели	–	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;
эффективность	–	достижение каких-либо определенных результатов с минимально возможными издержками или получение максимально возможного объема продукции из данного количества ресурсов;
непрерывные измерения	–	круглосуточные измерения, допускающие перерывы для проведения ремонтных, пусконаладочных, поверочных, калибровочных работ, устранения дефектов;
экологическое разрешение	–	документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности;
эмиссия	–	прямой или опосредованный выпуск в воздушную, водную среду или на земную поверхность веществ, вибрации, высоких температур или шума, возникающих из точечных или рассеянных источников, имеющих в установке.

### Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатура	-	Расшифровка
АО	-	акционерное общество

АСМ	-	автоматизированная система мониторинга
АСПР	-	Агентство по стратегическому планированию и реформам
БПК	-	биологическое потребление кислорода
ХПК	-	химическое потребление кислорода
ВМС	-	высокомолекулярное соединение
ВИЭ	-	возобновляемые источники энергии
ГОС	-	галогенорганические соединения
ГСМ	-	горюче-смазочные материалы
ГРЭС	-	гидроэлектростанция
ДВС	-	двигатель внутреннего сгорания
ЕБРР	-	Европейский банк реконструкции и развития
ЕС	-	Европейский Союз
ЗВ	-	загрязняющее вещество
ИТС	-	информационно-технические справочники
КПП	-	контрольно-пропускной пункт
КТА	-	комплексный технологический аудит
ЛОС	-	летучие органические соединения, не относящиеся к метану
МИБК	-	метилизобутилкарбинол
НДВ	-	нормативы допустимых выбросов
НДТ	-	наилучшая доступная техника
НПА	-	нормативный правовой акт
ООУ	-	общий органический углерод
ОС	-	окружающая среда!!! Это сокращение то угарный газ обозначало)))
ОЭСР	-	Организация экономического сотрудничества и развития
ПАА	-	полиакриламид
ПВХ	-	поливинилхлорид
ПДМАЭА	-	полидиметиламиноэтилакрилаты
ПДК	-	предельно-допустимая концентрация
ПДС	-	предельно-допустимый сброс
ПДВ	-	предельно-допустимый выброс
ПРООН	-	Программа развития Организации Объединенных Наций
ПСП	-	плодородный слой почвы

ПУО	-	программа управления отходами
ПФЭ	-	противофильтрационный экран
ПХДД/Ф	-	полихлорированные дибензофураны
ПЭК	-	производственный экологический контроль
ПЭТ	-	полиэтилентерефталат
РФ	-	Российская Федерация
СЗЗ	-	санитарно-защитная зона
США	-	Соединенные Штаты Америки
СЭМ	-	система экологического менеджмента
СЭнМ	-	система энергетического менеджмента
СЭУ	-	судовая энергетическая установка
ТБО	-	твердые бытовые отходы
ТОО	-	товарищество с ограниченной ответственностью
ТРГ	-	техническая рабочая группа
ТЭЦ	-	тепловая электростанция (не теплоэлектростанция?)
ЧР	-	Чешская Республика
ЭНК	-	экологический норматив качества
СОЗ	-	стойкие органические загрязнители
AMD	-	кислотный дренаж шахтных вод
СВР	-	калифорнийский коэффициент несущей способности
CCS	-	улавливание и хранение углерода
EPDM	-	этилен-пропилен-диеновый материал
ESG	-	экологические, социальные и управленческие аспекты
GCL	-	геосинтетический глиняный экран
GPS	-	глобальная система позиционирования
GSM	-	глобальная система мобильной связи
HDPE	-	полиэтилен высокой плотности
LLDPE	-	линейный полиэтилен низкой плотности
MRU	-	установка восстановления металла
LoRaWAN	-	сеть большой дальности действия
PDCA	-	планируй – делай – проверяй – действуй

SCADA	-	диспетчерское управление и сбор данных
SNG	-	синтетический природный газ
WAD	-	слабокислотнодиссоциируемое вещество

## Единицы измерения

Символ единицы измерения	Название единицы измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
°C	градус Цельсия	Температура (Т) Разница температур (PT)	
г	грамм	Масса	
Гц	Герц	Частота	
га	гектары	Площадь	
дм <sup>3</sup>	кубический дециметр	Объем	
ч	час	Время	
К	Кельвин	Температура (Т) Разница температур (AT)	0 °C = 273.15 К
кг	килограмм	Масса	
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	Масса	1 мг = 10 <sup>-3</sup> г
мм	миллиметр		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		1 Па = 1 Н/м <sup>2</sup>
об/мин	число оборотов в минуту	Скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	Масса	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	

## Предисловие

Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами

Справочник по НДТ разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс) [1].

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с Правилами разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденными постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 (далее – Правила) [2].

Перечень областей применения НДТ утвержден приложением 3 к Экологическому кодексу.

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, в Российской Федерации, других странах и организациях с учетом специфики, сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность НДТ в конкретных областях их применения:

1) Landfill Directive – Directive (EU) 2018/850 – Директива Совета 1999/31/ЕС от 26 апреля 1999 года по захоронению отходов [12];

2) Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries – Директива Парламента и Совета Европейского Союза 2006/21/ЕС от 15 марта 2006 г. об управлении отходами добывающей промышленности [13];

3) Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC. 2018 – Справочник по НДТ по обращению с отходами добывающей промышленности в соответствии с Директивой 2006/21/ЕС. 2018;

4) ИТС НДТ 17-2021 Размещение отходов производства и потребления [14];

5) Reference Document On Best Available Techniques For Energy Efficiency, EC 09/2021 – Справочник по НДТ по энергоэффективности, 09/2021 [5];

6) ИТС 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности" [6];

7) The revised Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive (Directive 2010/75/EU or "IED 2.0") as amended by Directive 2024/1785 - Пересмотренная Директива о выбросах в промышленности и животноводстве (Директива 2010/75/EU или "IED 2.0") с поправками, внесенными Директивой 2024/1785 [7].

Внедрение НДТ предусматривает индивидуальный подход к выбору НДТ с учетом экономики конкретного предприятия и его готовности к переходу на принципы НДТ, выбора страны-производителя НДТ, мощностных показателей, габаритов 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 целях разработки справочника по НДТ информация об уровнях выбросов, сбросов, образовании отходов, технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых на объектах захоронения в Республике Казахстан, была собрана в процессе проведения КТА, правила проведения которого регламентированы действующим законодательством Республики Казахстан. Перечень объектов для прохождения КТА утвержден ТРГ по разработке справочника по НДТ "Захоронение отходов".

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

Справочник по НДТ имеет взаимосвязь с отраслевыми и межотраслевыми справочниками по НДТ, охватывающими захоронение отходов.

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

Справочник по НДТ имеет взаимосвязь со справочниками:

№ п/п	Наименование справочника по НДТ
1	Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и иной деятельности
2	Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов

### **Область применения**

В соответствии с приложением 3 Экологического кодекса настоящий межотраслевой справочник по НДТ распространяется на следующий вид деятельности: захоронение отходов, в частности на:

полигонах опасных отходов – 1 класс;

полигонах неопасных отходов – 2 класс;

полигонах ТБО – 3 класс;

объекты долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности;

объекты долгосрочного хранения отходов энергетических, металлургических и химико-металлургических производств.

Область применения справочника по НДТ определена ТРГ "Захоронение отходов".

Настоящий справочник по НДТ включает описание общих подходов, методов и других соответствующих аспектов, касающихся захоронения отходов, и распространяется на все виды деятельности, связанные с процессом захоронения отходов.

Справочник по НДТ не распространяется на:

радиоактивные отходы;

вспомогательные процессы, необходимые для бесперебойной эксплуатации производства, а также на внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами;

вопросы, касающиеся обеспечения промышленной безопасности и/или охраны труда.

Принципы применения

### **Статус документа**

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов, и общественности об 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.

Справочник по НДТ содержит систематизированную информацию о состоянии отрасли по захоронению отходов в Республике Казахстан, а также о наиболее распространенных и новых, перспективных техниках, о потреблении ресурсов и об эмиссиях, о системах экологического и энергетического менеджмента.

Определение НДТ осуществляется для отраслей (областей применения НДТ) на основе ряда международных принятых 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, содержащие 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 обязательными 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 справочников по НДТ:

раздел 1: представлена общая информация отрасли по захоронению отходов, структуре отрасли, используемым промышленным процессам и техникам;

раздел 2: описана методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ;

раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или работающего согласно регламенту объекта захоронения, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок с точки зрения текущих эмиссий, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов;

раздел 4: описаны методы, 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.

### **1. Общая информация**

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание отрасли по захоронению отходов, а также описание основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ.

#### **1.1. Общие определения о захоронении отходов, объекты захоронения отходов**

Под отходами понимаются любые вещества, материалы или предметы, образовавшиеся в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления (в том числе товары, утратившие свои потребительские свойства), которые их владелец прямо признает отходами либо должен направить на удаление или восстановление в силу требований закона или намеревается подвергнуть либо подвергает операциям по удалению или восстановлению.

Захоронение отходов – складирование отходов в местах, специально установленных для их безопасного хранения в течение неограниченного срока, без намерения их изъятия.

Отходы, не подлежащие захоронению на полигонах, регламентированы Экологическим кодексом.

Процесс захоронения отходов применяется только для тех отходов, которые не могут быть переработаны, применены повторно или переданы на дальнейшую переработку сторонним организациям. В справочнике по НДТ для захоронения рассматриваются основные виды отходов, образующиеся от производственной деятельности предприятий и жизнедеятельности человека такие как, ТБО, отходы энергетической, металлургической и химико-металлургической отраслей, отходы горнодобывающей деятельности и т.д.

Захоронение опасных отходов разрешается в специально оборудованных местах при наличии экологического разрешения, а в случае захоронения опасных отходов в недрах, в том числе в необводненных подземных горных выработках шахт, рудников и транспортных уклонов – также согласования с уполномоченным органом в области недропользования.

Осуществление других видов деятельности, не связанных с управлением опасными отходами, на территории, отведенной для их накопления или захоронения, запрещается.

Под накоплением отходов понимается временное складирование отходов в специально установленных местах в течение определенных сроков, указанных ниже, осуществляемое в процессе образования отходов или дальнейшего управления ими до момента их окончательного восстановления или удаления.

Места накопления отходов предназначены для:

временного складирования отходов на месте образования на срок не более шести месяцев до даты их сбора (передачи специализированным организациям) или самостоятельного вывоза на объект, где данные отходы будут подвергнуты операциям по восстановлению или удалению;

временного складирования неопасных отходов в процессе их сбора (в контейнерах, на перевалочных и сортировочных станциях), за исключением вышедших из эксплуатации транспортных средств и (или) самоходной сельскохозяйственной техники, на срок не более трех месяцев до даты их вывоза на объект, где данные отходы будут подвергнуты операциям по восстановлению или удалению;

временного складирования отходов на объекте, где данные отходы будут подвергнуты операциям по удалению или восстановлению, на срок не более шести месяцев до направления их на восстановление или удаление;

временного складирования отходов горнодобывающих и горноперерабатывающих производств, в том числе отходов металлургического и химико-металлургического производств, на месте их образования на срок не более двенадцати месяцев до даты их направления на восстановление или удаление.

Под полигоном захоронения отходов понимается специально оборудованное место постоянного размещения отходов без намерения их изъятия, соответствующее экологическим, строительным и санитарно-эпидемиологическим требованиям [15].

Каждый полигон должен быть отнесен к одному из следующих классов:

- 1 класс – полигон опасных отходов;
- 2 класс – полигон неопасных отходов;
- 3 класс – полигон ТБО [19].

Перечни видов отходов для захоронения на полигонах различных классов определяются уполномоченным органом в области охраны окружающей среды. Запрещается захоронение опасных отходов на полигонах неопасных отходов.

Помимо полигонов опасных, неопасных и ТБО в справочник НДТ включены объекты долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности (вскрышная, вмещающая порода, пыль, бедная (некондиционная) руда, осадок механической очистки карьерных и шахтных вод, хвосты и шламы обогащения), объекты долгосрочного хранения отходов энергетических, металлургических и химико-металлургических производств.

## 1.2. Виды отходов и их образование. Обзор отрасли по захоронению отходов

### Полигоны

В 2023 году общее количество полигонов для размещения ТБО составило 3 016 единиц, из них соответствующих экологическим и санитарным нормам – 624 единицы (21 %). Наименьшая доля полигонов, соответствующих экологическим и санитарно-эпидемиологическим требованиям, находится в Павлодарской – 5, Северо-Казахстанской – 11 и области Абай – 5 [4].

Таблица 1.1. Информация по полигонам для захоронения ТБО в Казахстане за 2022 – 2023 годы

Рейтин г	Регион	Количество полигонов ТБО, ед*		Количество соответствующих нормам полигонов, ед*		Доля полигонов, соответствующих нормам, %*	
		2022	2023	2022	2023	2022	2023
	Регион / област ь						
	Всего п о Респуб лике Казахс тан:	3012	3016	633	624	21	20,7
1	Абай	170	170	5	5	2,94	2,94
2	Акмо линская	130	130	24	24	18,46	18,46
3	Актюб инская	323	323	15	15	4,64	4,64
4	Алмат инская	131	138	7	5	5,07	3,62
5	Атыра уская	55	55	8	8	14,55	14,55

6	Восточно-Казахстанская*	165	165	22	22	13,33	13,33
7	Жамбылская	158	158	158	158	100,00	100,00
8	Область Жетісу	189	189	7	7	3,70	3,70
9	Западно-Казахстанская	147	147	2	7	1,36	4,76
10	Карагандинская	169	168	39	51	23,08	30,36
11	Костанайская	239	239	139	129	58,16	53,97
12	Кызылординская	145	145	7	7	4,83	4,83
13	Мангистауская	23	23	7	7	30,43	30,43
14	Павлодарская	321	321	5	5	1,56	1,56
15	Северо-Казахстанская	453	450	11	11	2,43	2,44
16	Туркестанская	158	159	158	159	100,00	100,00
17	Ұлытау*	34	34	17	2	50,00	5,88
18	Астана	1	1	5	1	2,94	2,94
19	Алматы*	Вывозится в Алматинскую область					
20	Шымкент	1	1	1	1	100	100

\*- данные за 3 кв.2023 года.

По данным Национального доклада "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".

По данным отчета "Об обращении с коммунальными отходами в Республике Казахстан" Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому

планированию и реформам Республики Казахстан в 2024 году по Республике Казахстан объем утилизированных отходов составил 199 371 тонну, объем захороненных отходов на начало отчетного года составил 45 635 805 тонн, объем отходов, поступивших на захоронение в течение отчетного года 2 899 904 тонны, объем захороненных отходов на конец отчетного года 48 535 709 тонн.

Ниже приведены сведения в разрезе областей.

Таблица 1.2. Общий объем утилизированных и захороненных отходов за 2024 год, ТОНН

№ п/п	Регион	Объем утилизированных отходов, тонн	В том числе:			Наличие отходов, находящихся в местах временного складирования неопасных отходов (площадках, в контейнерах, на перевалочных и сортировочных станциях), в тоннах
			объем отходов, направленных на строительные мероприятия полигона	объем отходов, направленных на инсинерацию (сжигание) с извлечением энергии	объем отходов, направленных на прочие виды утилизации	
1	Республика Казахстан	199 371	62 023	11 585	125 763	53 840
2	Абай	2 598	-	-	2 598	3 391
3	Акмолинская	4 385	3 166	-	1 219	22 883
4	Актюбинская	251	-	-	251	157
5	Алматинская	48 182	20 611	186	27 385	287
6	Атырауская	13 410	-	-	13 410	3 444
7	Жетісу	128	-	-	128	48
8	Карагандинская	24 890	20 317	4 529	x	32
9	Костанайская	4 107	3 186	-	921	669
10	Кызылординская	69 744	8 000	58	61 687	x
11	Мангистауская	8 108	-	-	8 108	x
12	Павлодарская	13 542	6 670	6 812	60	98
13	Северо-Казахстанская	931	73	-	858	1 527
14	Ұлытау	6 014	-	-	6 014	x
15	Восточно-Казахстанская	-	-	-	-	19 541
16	г. Алматы	2 041	-	-	2 041	85



12	Кызылординская	114 719	43 402	2 400	29 182	-	-	11 820	158 121	684 142	0,43
13	Мангистауская	632 711	69 760	69 496	-	-	-	x	702 471	851 031	2,04
14	Павлодарская	3 812 654	267 158	161 205	39 014	8 025	44 466	14 448	4 079 812	7 907 369	1,11
15	Северо-Казахстанская	1 642 432	70 539	8 035	60 781	-	1 723	-	1 712 971	3 428 960	0,47
16	Туркестанская	1 291 497	115 750	111 424	-	959	2 890	477	1 407 247	3 088 481	2,52
17	Ұлытау	1 371 049	42 989	34 443	-	5 090	628	2 828	1 414 038	2 208 000	0,04
18	Восточно-Казахстанская	8 230 368	128 026	114 370	10 095	1 020	2 541	-	8 358 394	9 944 971	0,93
19	Г. Астана	x	x	-	x	-	x	x	x	x	x
20	Г. Шымкент	1 351 699	240 065	240 065	-	-	-	-	1 591 764	2 854 140	0,29

Согласно классификатору, отходы подразделяются на опасные или неопасные. Отдельные виды отходов могут быть определены одновременно как опасные и неопасные с присвоением различных кодов ("зеркальные" виды отходов) в зависимости от уровней концентрации содержащихся в них опасных веществ или степени влияния опасных характеристик вида отходов на жизнь и (или) здоровье людей и окружающую среду [3].

### **Опасные отходы**

Опасными признаются отходы, обладающие одним или несколькими из следующих свойств:

НР1 взрывоопасность;

НР2 окислительные свойства;

НР3 огнеопасность;

НР4 раздражающее действие;

НР5 специфическая системная токсичность (аспирационная токсичность на орган-мишень);

НР6 острая токсичность;

НР7 канцерогенность;

НР8 разъедающее действие;

НР9 инфекционные свойства;

НР10 токсичность для деторождения;

НР11 мутагенность;

НР12 образование токсичных газов при контакте с водой, воздухом или кислотой;

НР13 сенсibilизация;

НР14 экотоксичность;

НР15 способность проявлять опасные свойства, перечисленные выше, которые выделяются от первоначальных отходов косвенным образом;

С16 стойкие органические загрязнители (СОЗ).

Отходы, не обладающие ни одним из перечисленных в части первой настоящего пункта свойств и не представляющие непосредственной или потенциальной опасности для окружающей среды, жизни и (или) здоровья людей самостоятельно или в контакте с другими веществами, признаются неопасными отходами.

Таблица 1.4. Движение опасных отходов в РК за 2022 – 2023 годы

№ п/п	Виды операции	2022 год (тыс. тонн)	2023 (тыс. тонн)
1	2	3	4
1	Наличие на начало года	804 433,9	535 988,8
2	Образовалось	46 487,8	43 867,9
3	Поступило от других лиц	1 569,17	616 510,26
4	Переработано, повторно использовано, утилизировано	3 388,7	2 796,7
5	Обезврежено	212,26	491,7
6	Захоронено	4 310,88	4 871,2
7	Передано сторонним организациям, предприятиям	21 019,28	1 570,64
8	Наличие на конец года	881 415,4	908 869,2

По данным Национального доклада "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".

Более 90 % образующихся опасных отходов производства составляют отходы добычи и обогащения полезных ископаемых: вскрышные породы открытой добычи, вмещающие породы шахтной добычи, шламы, хвосты обогащения (флотации). Основными источниками отходов добычи и обогащения являются угольная промышленность, черная металлургия, цветная металлургия, химическая промышленность (включая производство минеральных удобрений).

Таблица 1.5. Виды опасных отходов с наибольшими объемами образования в 2023 году

№ п/п	Наименование отхода	Объем образования (тыс. тонн)

1	Отходы от разработки не металлоносных полезных ископаемых	36,8
2	Кислотообразующие шламы переработки сульфидных руд	9 079,9
3	Отходы гидрометаллургии меди, содержащие опасные вещества. Другие отходы, содержащие опасные вещества	2 771,8
4	Прочие отходы, содержащие опасные вещества от физической и химической переработки не металлоносных минералов	3 743,870
5	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль (исключая зольную пыль в 10 01 04)	138,4
6	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль от процессов совместного сжигания, за исключением упомянутых в 10 01 14	2,5
7	Прочие шламы, не указанные в 01 03 04 и 01 03 05	0,4
8	Шлаки от первичного и вторичного производства меди	750,0
9	Другие шламы, содержащие опасные вещества	2 667,029
10	Черные металлы	11,548
11	Буровой раствор и прочие буровые отходы (шлам), содержащие опасные вещества	196,35
12	Нефтедержащие буровые отходы (шлам) и буровой раствор	301,48

### Неопасные отходы

Неопасными отходами признаются отходы, которые не обладают опасными свойствами и не представляют непосредственной или потенциальной опасности для окружающей среды, жизни и (или) здоровья людей самостоятельно или в контакте с другими веществами.

В таблице 1.6 представлены данные по движению неопасных отходов за 2022-2023 годы.

Таблица 1.6. Движение неопасных отходов в Республике Казахстан за 2022 – 2023 годы

№ п/п	Виды операции	2022 год (тыс. тонн)	2023 (тыс. тонн)
1	Наличие на начало года	10 269 037,6	10 247 178,1

2	Образовалось	1 005 254,5	912 379,6
3	Поступило от других лиц	3 702,9	4 306,0
4	Переработано, повторно использовано, утилизировано	149 420,1	104 476,5
5	Захоронено	381 046,3	272 593,4
6	Передано сторонним организациям, предприятиям	6 293,8	7 240,3
7	Наличие на конец года	10 693 745,1	10 641 255,5

По данным Национального доклада "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".

### Промышленные отходы

Большую часть образующихся отходов занимают отходы промышленного производства, добычи и обогащения полезных ископаемых, к которым относятся вскрышные породы, шламы и хвосты обогащения.

Большая часть предприятий тепло- и электроэнергетики (ТЭЦ, ГРЭС) работает на угольном топливе, вследствие чего образуются зола и золошлаки. Объемы отходов данного сектора занимают вторую ступень после добычи полезных ископаемых.

Таблица 1.7. Виды неопасных отходов с наибольшими объемами образования за 2023 год

№ п/п Наименование отхода Объем образования (тыс. тонн)

1	2	3
1	Отходы от разработки металлоносных полезных ископаемых	436 090,5
2	Отходы от разработки не металлоносных полезных ископаемых	289 755,0
3	Хвосты (шламы) и другие отходы от мытья и чистки минералов, за исключением упомянутых в 01 04 07 и 01 04 11	100 465,0
4	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль (исключая зольную пыль в 10 01 04)	8 108,4
5	Прочие шламы, не указанные в 01 03 04 и 01 03 05	38 859,3
6	Отходы, не указанные иначе	2 843,3
7	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль от процессов совместного сжигания, за исключением упомянутых в 10 01 14	609,5

8	Непереработанный шлак	944,4
9	Фекалии животных, моча и навоз (включая использованную солому), жидкие стоки, собранные отдельно и обработанные за пределами места эксплуатации	2094,4

По данным Национального доклада "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".

Золоотвал - инженерное сооружение, предназначенное для накопления и хранения золы, шлаков и других твердых отходов, образующихся при сжигании топлива на теплоэнергетических и промышленных предприятиях. Золоотвалы классифицируются как объекты захоронения отходов и подлежат регулированию в соответствии с экологическим законодательством РК.

В таблицах представлены объемы образования и захоронения зольных остатков, котельных шлаков и зольной пыли, включая отходы от процессов совместного сжигания, образовавшиеся в РК в 2022 и 2023 годах. Приведенная информация отражает изменения по годам и позволяет проследить динамику образования указанных видов отходов. Источник данных - Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год.

Таблица 1.8. Виды отходов с наибольшими объемами образования в 2022 году

№ п/п	Наименование отхода	Объем образования (тыс. тонн)	Захоронено (тыс. тонн)
1	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль (исключая зольную пыль в 10 01 04)	113,27	-
2	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль от процессов совместного сжигания, за исключением упомянутых в 10 01 14	2,25	-

Таблица 1.9. Виды отходов с наибольшими объемами образования в 2023 году

№ п/п	Наименование отхода	Объем образования (тыс. тонн)	Захоронено (тыс. тонн)
1	2	3	4
1	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль (исключая зольную пыль в 10 01 04)	138,4	-

2	Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль от процессов совместного сжигания, за исключением упомянутых в 10 01 14	2,5	1,88
---	---	-----	------

По данным Национального доклада "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".

По информации территориальных департаментов экологии, практически во всех областях РК имеются хвостохранилища (за исключением Атырауской, Кызылординской и Западно-Казахстанской областей, городов Астана, Алматы и Шымкент).

**В Северо-Казахстанской области** имеется 1 хвостохранилище, принадлежащее АО "TinOneMaining". Площадь территории составляет 140 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – на стадии строительства. Проектная мощность – 20 млн. м<sup>3</sup>.

**В области Жетісу** имеется 1 хвостохранилище бывшего ТОО "Текелийский свинцово-цинковый комбинат". Состоит из 4-х площадок общей площадью 135 га, из которых одна площадка площадью 69,3 га находится на балансе ГУ "Отдел жилищно-коммунального хозяйства, пассажирского транспорта, автомобильных дорог и жилищной инспекции города Текели", а три площадки – на балансе ТОО "Текелийский горно-перерабатывающий комплекс".

Статус – не эксплуатируется, эксплуатировалось с 1965 по 2012 годы. Текущее состояние – требует рекультивации. Общий объем накоплений составляет 34,5 млн. тонн, из которых 30,5 млн. тонн принадлежат государству, 4,0 млн. тонн – ТОО "Текелийский горно-перерабатывающий комплекс".

**В Костанайской области** имеется 4 хвостохранилища.

Хвостохранилище АО "ССГПО" (Костанайская область, г.Рудный), площадь территории составляет 16,7 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет 399,64 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Оркен", (Костанайская область, г.Лисаковск), площадь территории составляет 1,045 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет 340 млн. тонн

АО "Варваринское имеет 2 хвостохранилища.

Промплощадка №3, площадь территории составляет 189,7 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 45 135,3 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище №2, площадь территории составляет 200 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – на стадии разработки проекта. Проектная мощность – 45 млн. м<sup>3</sup>.

**В Актюбинской области** имеется 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище ТОО "Актюбинская медная компания", площадь территории составляет 241,9 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность выхода хвостов 5 000 тыс. тонн в год.

Хвостохранилище ТОО "Восход Хром", площадь территории составляет 55,5 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет 2,7 млн. тонн.

**В Туркестанской области** имеется 4 хвостохранилища.

Хвостохранилище Ачисай, площадь территории составляет 62 га.

Статус – не эксплуатируется, эксплуатировалось с 1935 по 1980 годы. Находится под управлением аппарата акима г.Кентау Туркестанской области. Текущее состояние – требует рекультивации. Общий объем накоплений составляет 6 960,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище Хантаги, площадь территории составляет 35 га.

Статус – не эксплуатируется, эксплуатировалось с 1933 по 1961 годы. Находится под управлением аппарата акима г.Кентау Туркестанской области. Текущее состояние – требует рекультивации. Общий объем накоплений составляет 119,3 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище Байжансай, площадь территории составляет 29 га.

Статус – не эксплуатируется, эксплуатировалось с 1940 по 1994 годы. Находится под управлением аппарата акима Байдыбекского района Туркестанской области. Текущее состояние – требует рекультивации. Общий объем накоплений составляет 4451,9 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище Баялдыр, площадь территории составляет 332,3 га.

Статус – не эксплуатируется, эксплуатировалось с 1961 по 1998 годы. Находится под управлением аппарата акима г.Кентау Туркестанской области. Текущее состояние – требует рекультивации. Общий объем накоплений составляет 94 744,2 тыс. м<sup>3</sup>.

**В Павлодарской области** имеется 4 хвостохранилища.

Хвостохранилище ТОО "KAZ Minerals Bozshakol", площадь территории составляет 1 055 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 162 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище АО "Майкаинзолото", площадь территории составляет 88,3 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет – 12 243,5 тыс. тонн.

Хвостохранилище ТОО "IBM Gold", площадь территории составляет – 44,5 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – требует рекультивации. Проектная мощность – 50 000 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Fonet ErTai AK MINING", площадь территории составляет 31,42 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Емкость хвостохранилища по проекту 3,64 млн. м<sup>3</sup>.

**В Алматинской области** имеется 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище ТОО "Жетісу Вольфрамы", площадь территории составляет 116,81 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – на стадии строительства. Годовой выход хвостов обогащения 9 725,6 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "МарумЖарГолд", площадь территории составляет 32,3 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – на стадии строительства. Проект принят из расчета производительности 22 тыс. тонн в год.

**В Акмолинской области** имеется 13 хвостохранилищ, принадлежащих 7 предприятиям.

ТОО "Казахалтын Technology" имеет 3 промплощадки в селах Аксу, Жолымбет и Бестобе.

Аксу. Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – находится на стадии рекультивации. Проектная мощность – 5,64 млн. м<sup>3</sup>.

Жолымбет. Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 8,0 млн. м<sup>3</sup>.

Бестобе. Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – рекультивировано. Проектная мощность – 2,94 млн. м<sup>3</sup>.

ТОО "Казахалтын" имеет 3 промплощадки в селах Аксу, Жолымбет и Бестобе.

Аксу. Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Площадь составляет 0,95 км<sup>2</sup>.

Жолымбет. Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – требует рекультивирования. Площадь составляет 1,08 км<sup>2</sup>.

Бестобе. Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет 7 189,2 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Аксу Technology", площадь территории составляет 130,3 га

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 22 млн. тонн.

Хвостохранилище ТОО "Степногорский горно-химический комбинат" состоит из 3-х площадок.

Карта № 1. Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – находится на консервации. Проектная мощность – 21,9 млн. м<sup>3</sup>.

Карта № 2. Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 25,4 млн. м<sup>3</sup>.

Испарительная карта. Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – требует рекультивации. Проектная мощность – 15 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище АО "Степногорский подшипниковый завод", состоит из 2-х полигонов общей емкостью 111,6 тыс. м<sup>3</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Заполнено 64,0 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "RG Gold", площадь территории составляет 125,59 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – для складирования хвостов, образующихся при работе ЗИФ производительностью 8,0 млн. тонн руды в год.

Хвостохранилище АО "Altyntau Kokshetau", состоит из 2-х площадок общей площадью 10,6 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 195,68 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Мархит", площадь территории составляет 2500 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – на стадии разработки. Проектная мощность – 22 275 м<sup>3</sup>.

**В Карагандинской области** имеется 11 хвостохранилищ.

Хвостохранилище ТОО "Корпорация "Казахмыс", Карагайлинская обогатительная фабрика, площадь территории составляет 81 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 41 250 тыс. тонн.

Хвостохранилище ТОО "Корпорация "Казахмыс", Балхашская обогатительная фабрика, площадь территории составляет 18,75 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов – 419 261,975 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Корпорация "Казахмыс", Нурказганская обогатительная фабрика, площадь территории составляет 418,1 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов – 9,056 млн. тонн.

Хвостохранилище Стального департамента АО "Qarmet", площадь территории составляет – 260 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность – 18,4 млн. м<sup>3</sup>.

АО "АК "Алтыналмас" имеет 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище № 1, площадь территории составляет 131,5 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов – 12,193 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище № 2, площадь территории составляет 98 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 3,438 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Nova Цинк", площадь территории составляет 282 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 12,9 млн. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "Вару Mining", проектный объем накопителя составляет 11,7 млн. м<sup>3</sup> (32,175 млн. тонн).

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 10,3 млн. тонн.

Хвостохранилище АО "Qarmet" (ЦОФ Восточная), площадь территории составляет 120 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 965,8 тыс. тонн.

Хвостохранилище "Байтамская" АО "Qarmet" (ЦОФ Восточная), площадь территории составляет 28 325 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется с 1996 года. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – ожидает переработки. Проектный объем накопителя составляет 142,747 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище "Старое" АО "Qarmet" (ЦОФ Восточная), площадь территории составляет 1 291,62 тыс. м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – проводятся работы по консервации и рекультивации. Проектный объем накопителя составляет 6 млн. м<sup>3</sup>.

**В Жамбылской области** имеется 23 хвостохранилища, принадлежащие 6 предприятиям.

АО "АК "Алтыналмас" имеет три хвостохранилища.

Хвостохранилище золотоизвлекательной фабрики, площадь составляет 1 200 м<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 100 млн. тонн.

Хвостохранилище обогатительной фабрики, площадь составляет 211 740 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – используется как сырье для золотоизвлекательной фабрики. Проектная мощность 156 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище Доре, площадь составляет 2,65 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – используется как сырье для золотоизвлекательной фабрики. Проектная мощность 100 тыс. м<sup>3</sup>.

ТОО "Таразский металлургический завод" имеет 3 хвостохранилища.

Накопитель котельного молока, площадь территории составляет 26 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – требует рекультивации. Объем накопления составляет 9 390,88 тонн.

Накопитель известкового шлама, состоит из 3-х карт, площадь территории составляет 13,9 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – требует рекультивации. Объем накопления составляет 137 628,225 тонн.

Накопитель бедных фосфоросодержащих шлама, состоит из 4-х карт, площадь территории составляет 23 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – требует рекультивации. Объем накопления составляет 160 112,278 тонн.

Хвостохранилище ТОО "Корпорация "Казахмыс", площадь территории составляет 160 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Емкость 1-й очереди 17,2 млн. м<sup>3</sup>, емкость 2-й очереди - 20,4 млн. тонн.

ТОО "ГПК "Казфосфат", имеет 4 хвостохранилища.

Молодежный, площадь зеркала 74 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 16 млн. м<sup>3</sup>.

Аксай, площадь зеркала 24,5 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 2,417 млн. м<sup>3</sup>.

Площадка ДСФ, площадь зеркала 8,7 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 41,8 тыс. м<sup>3</sup>.

Площадка ЦОФ, площадь зеркала 10,66 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 344 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТФ ТОО "Казфосфат" "Минеральные удобрения", площадь территории составляет 47 га.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 1 696 тыс. м<sup>3</sup>.

ТОО "НДФЗ" имеет 11 хвостохранилищ.

Накопитель котельного молока № 1, площадь территории составляет 0,3 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – заполнены, будут использованы повторно. Объем накопления составляет 15,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котельного молока № 2, площадь территории составляет 0,3 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – заполнены, будут использованы повторно. Объем накопления составляет 15,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котельного молока №3, площадь территории составляет 2,3 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – заполнены, будут использованы повторно. Объем накопления составляет 35 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котельного молока № 4, площадь территории составляет 2,3 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – заполнены, будут использованы повторно. Объем накопления составляет 35 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котельного молока № 5, площадь территории составляет 1,7 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – используется для сброса после мойки электрофильтров. Объем накопления составляет 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котельного молока № 6, площадь территории составляет 1,7 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – используется для сброса после мойки электрофильтров. Объем накопления составляет 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котрельного молока № 7, площадь территории составляет 3,4 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – находится на извлечении. Объем накопления составляет 100 тыс. м<sup>3</sup>.

Накопитель котрельного молока № 8, площадь территории составляет 3,4 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – заполнены, будут использованы повторно. Объем накопления составляет 100 тыс. м<sup>3</sup>.

Шламонакопитель № 1, площадь территории составляет 0,93 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – находится под слоем воды. Объем накопления составляет 37,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Шламонакопитель № 2, площадь территории составляет 1,48 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – находится под слоем воды. Объем накопления составляет 37,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Шламонакопитель № 4, площадь территории составляет 1,48 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – находится в резерве. Объем накопления составляет 20,5 тыс. м<sup>3</sup>.

**В Мангистауской области** имеется 1 хвостохранилище, принадлежащее ГУ "Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области", площадь территории составляет 7 720 га.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением ГУ "Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области". Текущее состояние – требует рекультивации. Общий объем накоплений составляет 51,8 млн. тонн.

**В области Абай** имеется 13 хвостохранилищ.

АО "Финансово-инвестиционная корпорация "Алел" (рудник Суздаль) имеет 8 хвостохранилищ.

Хвостохранилище хвостов флотации 5-я очередь, площадь территории составляет 218 872 м<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 1 092 789,51 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 4-я очередь, площадь территории составляет 126 540 м<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 804 621,85 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 3-я очередь 2-й этап, площадь территории составляет 143 820 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 791 976,17 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 3-я очередь 1-й этап, площадь территории составляет 145 224 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 656 749,55 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 3-я очередь 1-й этап, площадь территории составляет 105 000 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 268 487,68 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 2-я очередь, площадь территории составляет 114 000 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 562 186,57 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 1-я секция, площадь территории составляет 53 000 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 1 096 893,68 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации 1-я секция, площадь территории составляет 105 000 м<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 272 932,84 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "KAZ Minerals Aktogay", проектная мощность 922 млн. м<sup>3</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопления 158 355 766 м<sup>3</sup>.

АО "БАСТ" имеет 3 хвостохранилища.

Хвостохранилище хвостов флотации, площадь территории составляет 0,113 км<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 442,809 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации карта № 4, площадь территории составляет 0,401724 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 319 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище хвостов флотации карта № 4А, площадь территории составляет 0,06465 км<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – в обработке. Проектная мощность 64,272 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище ТОО "БГП", проектная мощность 14,983 млн. м<sup>3</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопления 6 239 131 м<sup>3</sup>.

**В области Улытау** имеется 4 хвостохранилища.

ТОО "Корпорация "Казахмыс", Производственное объединение "Жезгазганцветмет" имеет 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище № 3 Жезказганские обогатительные фабрики № 1, 2. Площадь территории составляет 1 100 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 32 676,30358 тыс. тонн.

Хвостохранилище Жезказганская обогатительная фабрика № 3. Площадь территории составляет 7,4 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 63 500,10648 тыс. тонн.

АО "Жайремский горно-обогатительный комбинат", Полиметаллическая обогатительная фабрика имеет 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище "Баритовая секция". Площадь территории составляет 0,32 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 928,64 тыс. тонн.

Хвостохранилище "Безбаритовая секция". Площадь территории составляет 2,56 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 5 895,57 тыс. тонн.

**В Восточно-Казахстанской области** имеется 10 хвостохранилищ.

ТОО "ГМК Altyn MM" имеет 1 хвостохранилище. Площадь территории составляет 0,76 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопления 591,975 тыс. тонн.

ТОО "Сатпаевское горно-обогатительное предприятие" имеет 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище, площадь территории составляет 0,57 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет 1 420,734 м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище в отработанном пространстве карьера, площадь территории составляет 0,1188 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Общий объем накоплений составляет 270,188 тыс. м<sup>3</sup>.

ТОО "Казцинк", Николаевская обогатительная фабрика имеет 3 хвостохранилища.

Зыряновское хвостохранилище, площадь территории составляет 3,3 км<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Объем накопленных отходов 1 692,761 тыс. тонн.

Чашинское хвостохранилище, площадь территории составляет 2,6 км<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – проводятся рекультивационные работы. Объем накопленных отходов 55 103 тыс. м<sup>3</sup>.

Таловское хвостохранилище, площадь территории составляет 4,4 м<sup>3</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 2 774,432 м<sup>3</sup>.

ТОО "VM Factory Project" имеет 1 хвостохранилище. Площадь территории составляет 1,172 км<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – на стадии строительства. Проектная мощность – 21 715 000 м<sup>3</sup>.

ТОО "Востокцветмет", Николаевская обогатительная фабрика имеет 2 хвостохранилища.

Хвостохранилище, площадь территории составляет 1,458 км<sup>2</sup>.

Статус – не эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – проводятся рекультивационные работы. Проектная мощность 33 986,047687 тыс. м<sup>3</sup>.

Хвостохранилище в отработанном Николаевском карьере, площадь территории составляет 1,740 км<sup>2</sup>.

Статус – эксплуатируется. Находится под управлением предприятия. Текущее состояние – соответствует проекту. Проектная мощность 3 286,196 тыс. м<sup>3</sup>.

## **ТБО**

По данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, ежегодно в Казахстане образуется около 4,5 млн. тонн ТБО.

В 2023 году по данным Бюро национальной статистики АСПР РК образовано 4,1 млн. тонн, из них доля переработанных и утилизированных ТБО составила 23,9 % [4]. Основная доля приходится на отходы домашних хозяйств (65,6 %), 20,2 % составили

отходы производства (приравненные к бытовым), 10,5 % – уличный мусор, 2,2 % – рыночные отходы.

Таблица 1.10. Доля переработанных и утилизированных ТБО в Казахстане за 2018 – 2023 годы, %

№ п/п	Регион/ Область	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	Абай					1,58	17,8
2	Акмолинская	2,93	3,02	15	8,7	7,93	10,2
3	Актюбинская	11,69	10	10	10,7	15,02	18,7
4	Алматинская	27,55	23,28	17	17,6	17,12	21,1
5	Атырауская	1,69	10,44	20	21,6	27,46	28,2
6	Восточно-Казахстанская	4,84	3,28	18	11,3	16,00	23,3
7	Жамбылская	3,11	8,53	13	12,7	16,11	18,9
8	Жетісу					17,77	19,7
9	Западно-Казахстанская	5,28	8,6	11	11,6	15,10	18,6
10	Карагандинская	16,39	17,42	29	29	54,61	26,06
11	Костанайская	9,65	10,3	12	17,7	18,21	20,8
12	Кызылординская	7,42	10,78	18	19,7	24,51	27,5
13	Мангистауская	1,42	33,8	35	28,3	32,08	31,5
14	Павлодарская	0,12	15	22	23,8	27,30	30,8
15	Северо-Казахстанская	7,59	10,78	13	15	18,34	20,0
16	Туркестанская	7,17	10,05	13	16	19,00	23,0
17	Ұлытау					0,19	0
18	г. Алматы	5,70	10,95	10	14	18,00	12,0
19	г. Астана	12,25	15,92	30	75	75,20	17,8
20	г. Шымкент	18,28	22,77	25	27,2	30,28	34
Итого:		11,51	14,9	18,3	21,1	25,4	23,9

*По данным Национального доклада "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".*

### **1.3. Вспомогательные операции**

К вспомогательным операциям относятся сортировка и обработка отходов.

Под сортировкой отходов понимаются операции по разделению отходов по их видам и (или) фракциям либо разбору отходов по их компонентам, осуществляемые отдельно или при накоплении отходов до их сбора, в процессе сбора и (или) на объектах, где отходы подвергаются операциям по восстановлению или удалению.

Проблема утилизации отходов была и остается одной из наиболее острых в мире, несмотря на то, что уже существуют эффективные пути ее решения. Каждый день на сортировочные линии попадают тонны отходов и этот процесс постоянный и непрерывный. Если не сортировать отходы и не извлекать из них материалы, которые можно использовать повторно, на полигонах будут лежать горы отходов.

Принимаемые для сортировки отходы будут считаться приемлемыми как все ТБО, которые отвечают следующим требованиям:

отходы будут привозиться мусоровозами эксплуатирующего предприятия или его субподрядчиками;

их температура не будет на 10 градусов выше температуры воздуха, не будут в состоянии горения или их влажность будет не более 65 %;

они не будут представлять риска для людей, техники или для среды;

не будут в компактной форме или в форме блоков, которые невозможно будет разбить имеющимися средствами;

они не будут входить в класс вредности, неприемлемой для полигона ТБО. В случае сомнения со стороны персонала полигона ТБО разрешается не разгружать мусоровоз до выяснения обстоятельств.

Технологическая схема производственного процесса предусматривает следующий комплекс:

прием ТБО на полигон, осуществление учета и входного контроля;

прием ТБО на мусоросортировочном комплексе, сортировка мусора и выделения полезных фракций из общей массы ТБО для их дальнейшего использования в качестве вторичного сырья;

захоронение ТБО на карте захоронения, уплотнение ТБО и изоляция ТБО слоем инертного грунта.

Прошедшие взвешивание ТБО поступают на сортировочную линию. Сортировка осуществляется вручную. Глубина сортировки не менее 80 %.

Зачастую сортировка осуществляется на мусоросортировочных комплексах, которые оснащены необходимым оборудованием и возможностями для выделения полезных фракций из общей массы ТБО. Бумажные, полимерные, металлические, стеклянные отходы после сортировки упаковываются и отправляются в пункты вторичной обработки. Отсортированные и спрессованные в плотные кипы отходы – это уже не отходы, а вторсырье, которое может быть использовано для производства новых изделий. Отходы после переработки, при определенных свойствах, могут быть

использованы также как источник энергии для местных малых промышленных предприятий. Извлекаемые остатки подлежат захоронению на полигоне.

Остатки сортировки ТБО ("хвосты") прессуются в брикеты и направляются на участок складирования "хвостов" с целью возможной дальнейшей передачи сторонним организациям в качестве вторсырья или на захоронение на картах. Непригодные для дальнейшего использования остатки направляются на захоронение на карты.

Каким будет оборудование на конкретном мусоросортировочном комплексе, будет зависеть от нескольких факторов:

- предполагаемая мощность и объемы ТБО в год;

- особенности поступающего на предприятие мусора (ТБО, макулатура, металлолом, пластик и т.д.);

- расположение комплекса;

- количество сотрудников.

Правильный расчет позволит укомплектовать мусоросортировочный комплекс такими составляющими для переработки, которые дадут возможность выделять максимум полезных фракций, пригодных для дальнейшего использования.

Основными задачами сортировки отходов являются снижение нагрузки на полигоны, снижение вредного воздействия разлагающегося или сжигаемого отхода на окружающую среду и возможность использовать вторичное сырье повторно, экономя тем самым природные ресурсы.

Под обработкой отходов понимаются операции, в процессе которых отходы подвергаются физическим, термическим, химическим или биологическим воздействиям, изменяющим характеристики отходов, в целях облегчения дальнейшего управления ими. Такие операции осуществляются отдельно или при накоплении отходов до их сбора, в процессе сбора и (или) на объектах, где отходы подвергаются операциям по восстановлению или удалению.

Обработка отходов производится перед их утилизацией или захоронением для снижения вредного воздействия на охрану окружающей среды.

#### **1.4. Экологические аспекты захоронения отходов производства и потребления**

К основным экологическим аспектам при захоронении отходов производства и потребления могут относиться:

- изъятие земельных ресурсов или участков недр под строительство полигонов;

- обращение с веществами опасными для окружающей среды;

- поступление загрязняющих веществ в геологическую среду: подземные водные объекты, горные породы, почвы;

- поступление загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты и на близлежащие территории;

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

- опосредованное воздействие на растительный и животный мир;

пожароопасность (для отходов, обладающих пожароопасными свойствами, или выделяющими пожароопасные вещества при хранении);

биологическое загрязнение окружающей среды (при захоронении биоразлагаемых отходов, в том числе отходов пищевых продуктов в составе ТБО, отходов производства пищевой продукции).

В постэксплуатационный период полигонов отходов к основным экологическим проблемам могут относиться: воздействие на атмосферный воздух, подземные и поверхностные водные объекты.

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

В толще твердых бытовых и промышленных отходов, захороненных на полигонах, под воздействием микрофлоры происходит биотермический анаэробный процесс распада органической составляющей отходов.

В случае промышленных отходов образование газов может происходить не только в результате биологических процессов, но также в результате химических реакций между компонентами отходов, особенно если отходы содержат остатки органических веществ, кислоты, щелочи и окислители, металлсодержащие соединения, склонные к коррозии.

Конечным продуктом является биогаз, основную объемную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Наряду с названными компонентами биогаз содержит пары воды, оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды, сероводород, фенол и в незначительных количествах другие примеси, обладающие вредным для здоровья человека и окружающей среды воздействием.

Количественный и качественный состав биогаза зависит от многих факторов, в том числе, от климатических и геологических условий места расположения полигона, морфологического и химического состава завозимых отходов, условий складирования (площадь, объем, глубина захоронения), влажности отходов, их плотности и т.д., и подлежит уточнению в каждом конкретном случае, но не ранее двух лет с начала эксплуатации полигона.

По общепринятой технологии захоронения отходов предусматривается планировка и уплотнение завозимых отходов, а также регулярная изоляция грунтом или инертным материалом рабочих слоев отходов. В начальный период (около года) процесс разложения отходов носит характер их окисления, происходящего в верхних слоях отходов, за счет кислорода воздуха, содержащегося в пустотах и проникающего из атмосферы. Затем по мере естественного и механического уплотнения отходов и изолирования их грунтом усиливаются анаэробные процессы с образованием биогаза, являющегося конечным продуктом биотермического анаэробного распада органической составляющей отходов под воздействием микрофлоры.

Биогаз через толщу отходов и изолирующих слоев грунта выделяется в атмосферу, загрязняя ее. Если условия складирования не изменяются, процесс анаэробного

разложения стабилизируется с постоянным по удельному объему выделением биогаза практически одного газового состава (при стабильности морфологического состава отходов).

Различают пять фаз процесса распада органической составляющей твердых отходов на полигонах:

первая фаза – аэробное разложение;

вторая фаза – анаэробное разложение без выделения метана (кислое брожение);

третья фаза – анаэробное разложение с непостоянным выделением метана (смешанное брожение);

четвертая фаза – анаэробное разложение с постоянным выделением метана;

пятая фаза – затухание анаэробных процессов.

Первая и вторая фазы имеют место в первые 20 – 40 дней с момента укладки отходов, продолжительность протекания третьей фазы – до 700 дней. Длительность четвертой фазы определяется местными климатическими условиями и для различных регионов РК колеблется в интервале от 10 (на юге) до 50 лет (на севере), если условия складирования не изменяются.

За период анаэробного разложения отходов с постоянным выделением метана и максимальным выходом биогаза (четвертая фаза) генерируется около 80 % от общего количества биогаза. Остальные 20 % приходятся на первые три и конечную фазы, в периоды которых в образовании продуктов разложения принимают участие только часть находящихся на полигоне отходов (верхние слои отходов и медленно разлагаемая микроорганизмами часть органики).

Количественный и качественный состав выбросов, приходящихся на эти фазы, зависит от состава отходов, определяемого при обследовании того или иного конкретного полигона. Поэтому расчет выбросов биогаза целесообразно проводить для условий стабилизированного процесса разложения отходов при максимальном выходе биогаза (четвертая фаза) с учетом того, что стабилизация процесса газовыделения наступает в среднем через два года после захоронения отходов. На эту фазу приходится 80 % выделяемого биогаза. А остальные 20 % выбросов учитываются концентрациями компонентов биогаза, определяемыми анализами (при анализах отобранных проб биогаза не представляется возможным дифференцировать, какая часть из общей определяемой концентрации того или иного компонента создается при смешанном брожении, а какая – при анаэробном разложении с постоянным выделением метана). Процесс минерализации отходов происходит в течение первого года – на 12 см, второго года – на 21 см, третьего года – на 27 см и т.д. Поступление биогаза с поверхности полигона в атмосферный воздух идет равномерно, без заметных колебаний его количественных и качественных характеристик.

Для предотвращения и минимизации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на этапе эксплуатации полигонов отходов и после вывода его из эксплуатации применяются следующие способы обращения с выбросами в атмосферу:

подготовка отходов к захоронению, направленная на стабилизацию свойств отходов ;

сбор газа, образующегося в теле объектов захоронения отходов и его рассеивание в атмосфере;

сбор газа, образующегося в теле полигонов отходов, и его сжигание (с использованием открытых/закрытых факельных систем или специализированных установок термического обезвреживания);

сбор газа, образующегося в теле полигонов отходов, и его использование (на энергетической установке);

сбор газа, образующегося в теле полигонов отходов, и его биофильтрация;

применение методов пылеподавления;

применение других мер против пыления и испарения с поверхности размещенных отходов загрязняющих веществ.

Также на полигонах отходов выбросы загрязняющих веществ образуются при работе автотранспортной и дорожной техники и котельных (при их наличии), насыпные работы на карте захоронения опасных отходов, транспортные работы на карте захоронения опасных отходов, перемещение отходов. В результате насыпных и транспортных работ в атмосферу выделяется пыль неорганическая 70 – 20 % двуокиси кремния. Возгорание отходов на разных участках полигона рассматривается как аварийные выбросы.

От объектов долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности, объектов долгосрочного хранения отходов энергетических металлургических и химико-металлургических производств основную долю выбросов загрязняющих веществ составляет пыль неорганическая: 70-20 % двуокиси кремния (шамот, цемент, пыль цементного производства -глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола, кремнезем, зола углей казахстанских месторождений).

С целью охраны атмосферного воздуха и обеспечения нормальных условий работы обслуживающего персонала необходимо принять меры по уменьшению выбросов загрязняющих веществ. При выполнении мероприятий по сокращению выбросов рекомендуется:

визуальный и инструментальный контроль за состоянием атмосферного воздуха на комплексе;

контроль за точным соблюдением технологического регламента производства;

минимизация работы оборудования на форсированном режиме;

рассредоточение работы технологического оборудования;

укрытие кузова машин тентами при перевозке пылящих отходов;

проведение технического осмотра и профилактических ремонтов машин, механизмов и автотранспорта, с контролем выхлопов ДВС для проверки токсичности не реже одного раза в год;

сосредоточение во времени работы техники и оборудования, участвующих в едином непрерывном технологическом процессе;

благоустройство мест временного хранения отходов производства и потребления, включающая в себя установку контейнеров на каждый отход, образующий в производственной деятельности предприятия;

осуществление движения транспорта только по регламентированным внутривозрастным дорогам;

с целью уменьшения пылеподавления проведение орошения при разгрузке отходов.

#### **1.4.2. Воздействие на подземные и поверхностные воды, сбросы загрязняющих веществ**

На полигонах захоронения отходов образуются несколько видов сточных вод:

на участках захоронения отходов в результате инфильтрации атмосферных осадков, выделения отжимной воды и биохимических процессов разложения отходов образуются фильтрационные воды;

на территории хозяйственной зоны – поверхностный сток и хозяйственно-бытовые воды.

Одним из главных путей распространения загрязнений с территории захоронения отходов являются поверхностные воды, стекающие с территории во время сильных дождей, и особенно фильтрат.

В теле полигона отходов в результате осадков в виде дождя и снега, а также в результате окисления органики формируется сточная жидкость с чрезвычайно токсичными свойствами. Эту жидкость принято называть фильтратом. Токсичность фильтрата обусловлена тем обстоятельством, что среди бытовых (коммунальных) отходов на полигон попадают медицинские, промышленные, биологические и другие виды отходов.

Попадая в водоносные горизонты (особенно при отсутствии водонепроницаемого основания полигона), фильтрат превращает подземные воды, не пригодные для питьевых целей.

На первый план в ряду экологических направлений выдвигается задача очистки фильтрата полигонов ТБО, так как дренажные стоки полигонов обладают повышенными концентрациями загрязнений органического и минерального характера, тяжелых металлов, в целом, содержат наиболее обширный перечень загрязняющих соединений.

Специалисты выделяют три основных источника образования фильтрата на полигонах ТБО:

атмосферные осадки, инфильтрующиеся через тело полигона, контактирующие с поверхностью массива отходов (основной источник образования фильтрата);

исходная влажность отдельных видов отходов;

влага, выделяющаяся из толщи отходов в результате биохимических процессов, сопровождающихся образованием воды при анаэробном разложении их органической составляющей.

Дренажные воды полигонов ТБО относятся к высокозагрязненным сточным водам, характеризуются высоким (в сотни раз превышающим ПДК) содержанием токсичных органических и неорганических веществ, содержат многочисленные компоненты распада органических соединений - промежуточные и конечные продукты процессов разложения компонентов отходов, что определяет темно-коричневый цвет и неприятный запах фильтратных вод. Такие фильтраты содержат биологически трудноокисляемую органику, например галогенорганические соединения (ГОС), азотсодержащие органические комплексы, вследствие чего обладают весьма высокими значениями показателя химического потребления кислорода (ХПК), который может достигать до 40000 мг O<sub>2</sub>/л. Их санитарно-эпидемиологическая опасность, усугубляется содержанием патогенных микроорганизмов.

Многочисленные исследования, показали, что химический и микробиологический состав дренажных вод полигонов и их объем зависят от ряда факторов: гидрогеологических, климатических, топографических, морфологии ТБО, этапа биохимической деструкции и жизненного цикла полигона, условий складирования, предварительной обработки отходов и др. На протяжении всего жизненного цикла полигона ТБО, состоящего из следующих основных этапов: эксплуатационного, рекультивационного, пострекультивационного, ассимиляционного – дренажные воды являются источником загрязнения поверхностных и подземных вод.

Факт преобладания низкомолекулярных кислот среди идентифицированных органических соединений указывает на то, что в твердой и жидкой фазах толщи бытовых отходов быстро протекает аэробная деструкция органических веществ. Происходят процессы выщелачивания и вымывания соединений металлов из массы отходов. Переход ионов металлов в фильтрат, как в аэробных, так и в анаэробных условиях, составляет не более 0,1 %, при этом концентрация ионов металлов в дренажных водах может изменяться в пределах от 80 мг/л. до 20 мкг/л. в зависимости от их начального содержания в ТБО.

Основные компоненты фильтрата можно объединить в следующие четыре класса:

основные элементы и ионы: кальций, магний, железо, натрий, аммоний, карбонаты, сульфаты, хлориды;

рассеянные металлы: марганец, хром, никель, свинец, кадмий;

различные химические соединения, количество которых обычно измеряется общим органическим углеродом (ООУ) и ХПК, отдельные органические вещества, такие, как фенол;

микроорганизмы.

Объем фильтрационных (дренажных) вод в зависимости от влажности отходов и климатических условий обычно составляет 25 – 50 % от массы складированных отходов. Существенным отличием дренажных вод от других типов сточных вод является неравномерность их накопления в течение года за счет сезонных колебаний уровня атмосферных осадков. Наибольший объем фильтрата образуется в паводковый и осенний периоды.

Загрязненный токсичными соединениями фильтрат не может быть сброшен в поверхностный водный объект без тщательной и многоступенчатой очистки.

Фильтрат, вытекающий из тела свалки, условно можно классифицировать на "молодой", характерный для начальной (кислотной) стадии, и "старый", образующийся в период стабилизации процессов биодеструкции отходов. Состав загрязнений в просачивающихся водах определяется фазой брожения веществ, содержащихся в ТБО, и существенно зависит от времени их хранения на полигонах. Типовой химический состав фильтрата, полученный по результатам исследований многих полигонов США и стран Западной Европы, приведен в табл. 1.11.

Таблица 1.11. Типовой химический состав фильтрата

№ п/п	Химический элемент	Содержание, мг/л	Химический элемент	Содержание, мг/л
1	Железо	(200÷1700)	Сера	(25÷500)
2	Цинк	(1÷135)	Хлор	(100÷2400)
3	Свинец	(5÷130)	Натрий	(100÷3800)
4	Азот	(20÷500)		

Общепринятая технология на полигонах отходов предусматривает систему ливневой и дренажной канализации, включающей в себя каналы для сбора ливневых сточных вод и организация системы сбора дренажных вод со всего полигона и хозяйственной зоны. Все хозяйственные сточные воды собираются и передаются на договорной основе специализированным предприятиям или подвергаются очистке на собственных установках предприятия.

С целью уменьшения загрязнения поверхностных и подземных вод вредными веществами при эксплуатации полигона должен быть предусмотрен комплекс мер, препятствующих проникновению загрязняющих компонентов в водные объекты.

По результатам гидрогеологических исследований устанавливаются уровни и направления потоков подземных вод, а также располагаются пункты наблюдательной сети скважин и гидропостов на водостоках.

На начальном этапе проектирование полигонов отходов ведется на основе концепции минимизации экологического риска, согласно которой необходимо

максимально снижать экологическую нагрузку на окружающую среду, и в частности, на водные объекты. Для этого необходимо:

при выборе площадки под ТБО учитывать весь комплекс физико-географических условий;

учитывать климатические условия района;

выполнять мероприятия по минимизации выноса загрязняющих веществ в водные объекты;

предусмотреть комплекс сооружений по сбору загрязненных стоков со всей территории полигона, их очистке и отведению;

обеспечить изоляцию слоев укладываемых отходов и устройство внешнего водозащитного покрытия полигона с рекультивацией его поверхности;

осуществлять эффективную дегазацию массива отходов на всех этапах существования полигона;

предусмотреть проведение мониторинга за состоянием окружающей среды.

Защита водных объектов в зоне потенциального влияния ТБО осуществляется с помощью грунтово-пленочного экрана, основным водоупорным элементом которого является полиэтиленовая пленка. Для сохранения изолирующих свойств экрана при случайных повреждениях пленки используется слой глинистого грунта толщиной не менее 1 м.

Эффективность экранирования оценивается отношением объема предотвращенной при помощи экрана фильтрации к тому ее объему, который существовал бы в случае отсутствия экрана. Эффективность экранирования достигает 70 % при толщине пленки 0,2 мм и 90 % при пленке толщиной 1 мм.

Негативное влияние остаточной фильтрации на состояние подземных вод снижается, если между экраном и ближайшим к нему водоносным горизонтом существует достаточно мощный естественный геохимический барьер, в частности наличие в основании полигона глинистых пород, способных эффективно препятствовать выносу загрязнений полигона в горизонты подземных вод. Такой барьер одновременно выполняет функции естественного противофильтрационного экрана, уменьшающего общий объем загрязненных стоков и природного сорбционного и ионообменного фильтра, задерживающего значительную часть загрязнений из фильтрующихся через него стоков. Для максимального использования защитного эффекта геохимического барьера предпочтение отдается площадкам с глубоким залеганием подземных вод.

Защита водных объектов от загрязнения вредными веществами обычно решается при помощи противофильтрационной защиты, т.е. специальных экранов. Данная защита предусматривает:

минимизацию объемов образования фильтрата полигона за счет поэтапного освоения территории и устройства водозащитного покрытия по внешним откосам и поверхности массива отходов;

уменьшение объемов фильтрационных утечек через основание полигона за счет устройства искусственного барьера (противофильтрационного экрана) и дренажной системы, обеспечивающих отвод фильтрата с полигона;

уменьшение сброса загрязняющих веществ в водные объекты путем фильтрации через искусственный барьер за счет максимального использования естественного (природного) геохимического барьера. Одним из основных экологических рисков, связанных с захоронением отходов, является загрязнение подземных и поверхностных вод фильтратом, образующимся в результате фильтрации атмосферных осадков и жидкости, выделяющейся из отходов. Фильтрат способен содержать широкий спектр загрязняющих веществ: тяжелые металлы, биогенные элементы, органические соединения, в том числе стойкие и токсичные, а также патогенные микроорганизмы. Попадание этих веществ в водные объекты может привести к деградации водных экосистем и рискам для здоровья населения.

В результате деятельности горно-обогатительного, металлургического, химического и других производств формируются опасные отходы, отличающиеся высокой токсичностью, стойкостью и потенциальной способностью к миграции в окружающей среде.

В процессе обогащения руд горно-металлургической промышленности образуются хвосты, шламы и пульпы, содержащие тяжелые металлы (например, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), сульфиды, а также остатки флотационных реагентов. При контакте с атмосферными осадками такие отходы могут образовывать кислые шахтные воды (acid mine drainage, AMD), насыщенные растворенными металлами и сульфатами, что приводит к загрязнению рек и подземных водоемов.

Отходы металлургических производств (шлаки, шламы, пыли) могут содержать соединения свинца, меди, цинка, хрома, а также остатки флюсов и технологических реагентов. Инфильтрация воды через такие отходы способствует выносу токсичных ионов в окружающую среду, создавая угрозу загрязнения как вод, так и почв.

Химические отходы включают широкий спектр органических и неорганических веществ, включая фенолы, формальдегид, аммиак, цианиды, а также кислотные или щелочные компоненты. Сбросы и фильтрат от захоронения таких отходов при отсутствии надежной изоляции могут создавать крупномасштабные очаги загрязнения вод, трудно поддающиеся ликвидации.

Для минимизации риска загрязнения водных объектов на объектах захоронения отходов применяются инженерные барьерные системы, основной функцией которых

является герметизация основания и боковых поверхностей полигона. Наиболее широкое распространение в таких системах получила геомембрана, представляющая собой синтетический материал с высокими гидроизоляционными свойствами.

Геомембрана служит ключевым элементом защитного экрана и значительно превосходит традиционные материалы, такие как полиэтиленовая пленка, по прочностным и эксплуатационным характеристикам. Наиболее часто применяемые материалы - это высокоплотный полиэтилен (HDPE), линейный полиэтилен низкой плотности (LLDPE), поливинилхлорид (ПВХ), а также синтетические каучуки (например, EPDM).

Преимущества геомембран включают:

- высокую устойчивость к химическим веществам, содержащимся в отходах и инфильтрате;

- длительный срок службы (до 100 лет при правильной укладке и эксплуатации);

- низкую проницаемость для жидкостей и газов;

- устойчивость к ультрафиолетовому излучению (в зависимости от типа материала);

- широкое применение в международной практике строительства полигонов для опасных и промышленных отходов.

Как правило, геомембрана применяется в составе многослойной изоляционной системы, включающей:

- уплотненный минеральный экран (глина или бентонит);

- дренажные слои для сбора инфильтрата;

- защитные и разделительные геотекстили;

- системы мониторинга возможных протечек.

Таким образом, применение геомембран существенно снижает вероятность загрязнения водных ресурсов и рассматривается как наилучшая доступная техника в области гидроизоляции объектов захоронения отходов, особенно опасных.

#### **1.4.3. Воздействие на земельные ресурсы**

При нарушении гигиенических требований при захоронении отходов загрязняются в первую очередь почвы. С бытовыми и промышленными отходами в них поступают тяжелые металлы и органические соединения, что может вызывать миграцию токсических веществ в контактирующие среды, особенно в грунтовые воды.

Также полигоны отходов могут оказывать негативное воздействие на почвенный покров из-за выделения токсичных веществ и органических соединений в процессе разложения отходов. Отходы, находящиеся на полигоне, могут содержать токсичные и опасные вещества, которые при попадании в воду могут привести к загрязнению воды и снижению качества водных ресурсов. Кроме того, при переработке отходов на полигоне может происходить образование смывающихся веществ, таких как пестициды, гербициды, тяжелые металлы и другие опасные вещества, которые могут проникать в почву и далее попадать в грунтовые воды, озера, реки и другие водные объекты.

Во время строительства полигонов отходов требуется работа экскаваторов и строительной техники, что влечет за собой нарушение почвенного покрова. Кроме этого, возможны такие воздействия как разливы горюче-смазочных материалов из транспортных средств и машин при обращении с отходами, эрозия почв и образование осадка. Воздействие может быть смягчено до незначительного с помощью применения лучших практик строительства и соответствующих мер по снижению воздействий.

Мероприятия по снижению воздействия включают:

- удаление верхнего слоя почвы и хранение его в отдельных буртах;
- надлежащее техническое обслуживание транспорта и строительной техники;
- хранение топлива в герметичных резервуарах, установленных на непроницаемой поверхности;

- техническое обслуживание, заправка и чистка транспортных средств и оборудования в мастерских с адекватной системой предотвращения утечек;

- применение соответствующих мер защиты от эрозии, таких как иловые экраны.

На этапе эксплуатации полигонов отходов потенциальные воздействия связаны с загрязнением почвы в результате аварийных разливов нефтепродуктов. Мероприятия по снижению воздействия:

- в случае аварийных разливов ГСМ должны быть приняты соответствующие меры по минимизации воздействий (немедленная локализация разлива, использование сорбентов, механическая очистка, проведение деградации загрязненных участков, мониторинг загрязнения, восстановление земель);

- должны проводиться регулярные проверки на герметичность.

Охрана земельных ресурсов территорий, на которых располагаются полигоны отходов, заключается в выполнении определенного комплекса инженерно-геологических, экологических и строительных мероприятий, которые позволяют, в определенной степени, оценивать и уменьшать уровень негативного влияния, оказываемого полигонами на окружающую среду.

В качестве мероприятий по охране почв и земельных ресурсов применяется рекультивация земель, предотвращение или очистка вредных выбросов в почву. При выполнении планировочных работ почвенный слой, пригодный для последующего использования, предварительно снять и складировать в специально отведенных местах. В дальнейшем этот грунт использовать для работ по озеленению площадки.

### **1.5. Потребление энергоресурсов**

Захоронение отходов на полигонах остается одним из наиболее распространенных способов их удаления. Захоронение отходов включает ряд процессов, которые требуют потребления энергоресурсов, в зависимости от конструкции полигона, способов утилизации фильтрата и свалочного газа. В данном разделе рассмотрены основные аспекты потребления энергетических ресурсов.

Основными источниками потребления энергии при захоронении отходов являются электрическая энергия и топливо.

Электроэнергия является важным энергоресурсом, обеспечивающим функционирование всех технологических процессов на полигонах различных типов, включая полигоны ТБО, промышленных, строительных, биологических отходов.

Электроэнергия активно используется для работы различных способов, обеспечения обработки и утилизации отходов, таких как дробилки, которые используются для измельчения крупногабаритных отходов, уменьшая их объем для дальнейшей переработки и захоронения, уплотнители для прессования отходов, насосы, которые откачивают жидкость из дренажных каналов, предотвращая затопление полигона и снижая риск загрязнения окружающей среды.

В Казахстане имеются полигоны, не потребляющие значительного количества энергии. Большинство старых и небольших полигонов работают по упрощенной схеме – отходы просто выгружаются, разравниваются и уплотняются бульдозерами, катками. В большинстве устаревших полигонов оборудование работает в ограниченном режиме. Нет дробилок, транспортеров, автоматических сортировочных линий.

Полное отсутствие энергопотребления характерно только для стихийных и консервативных полигонов. Современные полигоны постепенно переходят к механизированным процессам и энергоэффективным решениям, но этот процесс идет неравномерно из-за экономических и технологических ограничений.

В целом при захоронении отходов электрическая энергия является важным ресурсом, доля которого составляет 40 – 60 % от общего энергопотребления полигонов.

Дизельное топливо является одним из основных источников энергии на полигонах захоронения отходов. Оно используется для работ специализированной техники и обеспечения автономной генерации в условиях ограниченного электроснабжения.

Большая часть специализированной техники оснащены дизельными двигателями, которые широко применяются на полигонах для процессов разгрузки, перемещения и уплотнения отходов. Основные виды техники, работающие на дизельном топливе следующие:

бульдозеры – используются для разгрузки отходов по карте полигона, рабочего формирования слоев и засыпки отходов инертными материалами (например, грунтом);

экскаваторы – применяются для рытья котлованов, устройства защитных барьеров, устройства дренажных систем и устранения накопительного фильтра;

самосвалы – обеспечивают транспортировку мусора внутри полигона, перемещение грунта, используемого для пересыпки слоев мусора;

фронтальные погрузчики – участвуют в работах по транспортировке сыпучих материалов, включая дробилок, сортировку и подготовку отходов;

уплотнители мусора – специальные машины с массивными металлическими механизмами, предназначенные для прессования отходов и управления их объемом,

что позволяет рационально использовать площадь полигона и продлевать его срок службы.

Для работы данной техники требуются значительные объемы дизельного топлива, так как машины работают в условиях постоянного спроса и сложных рабочих условиях.

На полигонах, где нет доступа к централизованным источникам электроэнергии, широко применяются автономные дизельные генераторы. Они обеспечивают питание объектов электрической энергией. Использование дизельных генераторов особенно актуально для временных и удаленных полигонов, где проведение стационарных линий электропередачи экономически нецелесообразно.

Топливо составляет порядка 30 – 50 % энергии от общего энергопотребления полигона и является одним из основных источников энергии, обеспечивая работу специализированной техники, перевозки отходов и автономного электроснабжения.

При поддержке управления охраны окружающей среды и природопользования ТОО "Эко Полигон Астаны" и ТОО "PRG" разработали и установили опытно-промышленный образец системы переработки свалочного газа с получением электроэнергии. За основу разработки был взят опыт зарубежных стран. На данном полигоне применяется система утилизации свалочного газа для генерации электроэнергии. Полигон оснащен системой дегазации свалочного газа, которая позволяет собирать метан, образующийся из отходов, и использовать его для производства тепла и электроэнергии [8].

Свалочный газ может использоваться в когенерационных установках для выработки тепла и электроэнергии. Средняя теплотворная способность свалочного газа составляет 16–20 МДж/м<sup>3</sup>. Установка когенерации мощностью 1 МВт способна перерабатывать 500 – 1000 м<sup>3</sup> свалочного газа в час. Использование свалочного газа для производства электроэнергии позволяет снизить общие затраты на энергопотребление полигона на 30 % и уменьшить выбросы парниковых газов на 60–80 %.

В целом, использование свалочного газа для выработки энергии становится все более актуальным в Казахстане, поскольку это помогает не только улучшить экологическую ситуацию, но и обеспечить более эффективное использование энергии на полигонах.

На данный момент в Казахстане существует большое количество полигонов, но большинство из них являются устаревшими и не соответствуют современным экологическим нормам. Многие из них не обеспечивают устойчивость дегазации, водоотведения или фильтрации. Это приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе почвы, подземных вод и водоемов, а также снижению эффективности захоронения отходов.

На основе проведенных комплексных технологических аудитов и анализа данных, полученных в результате проведения технологических и энергетических обследований,

установлено, что основным направлением потребления энергетических ресурсов в процессе захоронения отходов является электроэнергия, используемая для обеспечения функционирования систем инженерной инфраструктуры, эксплуатации технологического оборудования и топливо, расходуемое на транспортировку и перераспределение отходов на территории полигона с использованием специализированной техники. Таким образом, наибольший удельный расход топлива и энергии связан с перемещением отходов и работой тяжелой техники. Это подчеркивает целесообразность внедрения мероприятий, направленных на оптимизацию маршрутов внутри полигона, повышение энергоэффективности автопарка, а также модернизацию инженерных систем с применением энергоэффективного оборудования.

Учитывая объемы отходов, образующихся в Казахстане, существует значительный потенциал для модернизации существующих технологий и сокращения энергопотребления. Внедрение более эффективных и экологичных решений позволит не только снизить эксплуатационные расходы, но и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

#### **1.6. Факторы физического воздействия**

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами, а их источники встречаются практически на всех стадиях технологического процесса. Производственный шум, излучаемый установкой в окружающую среду, является фактором негативного воздействия, имеющим медицинские, социальные и экономические аспекты.

Шум – это совокупность звуков разной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени, возникающих в производственных условиях и вызывающих у работников неприятные ощущения и объективные изменения органов и систем.

Оценивают шум в диапазоне частот от 45 до 11000 Гц. При акустических измерениях определяют уровни звукового давления в пределах частотных полос, равных октаве (полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно 2), полуоктаве или 1/3 октавы [9].

Для характеристики интенсивности шума принята измерительная система, учитывающая приближенную логарифмическую зависимость между раздражением и слуховым восприятием шкалы бел (или децибел – Дб). По этой шкале каждая последующая ступень интенсивности звука больше предыдущей в 10 раз.

Шум и вибрация могут быть измерены несколькими способами, но, как правило, они являются специфическими для каждого технологического процесса, при этом необходимо учитывать частоту звука и местоположение населенных пунктов от производственной площадки.

Длительное воздействие шума и вибраций на человека может повредить его слуховой аппарат, угнетает центральную нервную систему, вызывает изменение

скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям. Поэтому на предприятиях по очистке стоков должны принимать меры и осуществлять мероприятия по снижению уровня воздействия шума на рабочих местах (производственный шум) до минимума, а также шума на границах завода и карьера (шум окружающей среды), который может повлиять на соседние виды деятельности (жилые районы, общественные здания, другие промышленные и коммерческие поселения и т.д.) до минимальной величины.

Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования, например вентиляторов и насосов. Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума. К общим методам снижения шума можно отнести использование насыпей для экранирования источника шума; использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум; использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования; тщательная настройка установок, издающих шум; изменение частоты звука.

### **1.7. Обеспечение готовности к аварийным ситуациям и реагированию на них**

Управление пожарами на полигонах – это еще один важный аспект, требующий внимания, особенно при эксплуатации системы управления свалочным газом, которая может способствовать возникновению, распространению или усугублению пожаров. Пожары могут возникать по разным причинам и в различных зонах полигона, включая работу системы свалочного газа, размещение горючих отходов и химические реакции внутри полигона.

Эффективное управление пожарами включает в себя понимание их причин в рамках стратегии профилактики, а также разработку мер по их ликвидации в случае возникновения. В обязательном порядке каждый полигон разрабатывает план управления пожарами, в котором при наличии дренажных систем отвода и утилизации свалочного газа отдельно учитываются риски, связанные с эксплуатацией системы управления свалочного газа.

На полигонах размещения промышленных отходов обеспечение готовности к аварийным ситуациям и реагирование на них требует учета специфических факторов, связанных с характером отходов. В отличие от полигонов ТБО, здесь часто присутствуют вещества с высокой химической активностью, способные вступать в самопроизвольные экзотермические реакции, выделять токсичные газы или представлять угрозу воспламенения при контакте с водой или воздухом. Пожары на таких объектах могут возникать из-за самовозгорания пиррофорных веществ, утечек летучих органических соединений, несанкционированного смешивания химически несовместимых отходов. В этой связи план реагирования должен включать

специализированные меры: постоянный контроль температуры и давления в теле полигона, применение инертных материалов для пересыпки, исключение доступа влаги к водореактивным компонентам, организация вентиляции и систем газоотведения. Особое внимание уделяется подготовке персонала, оснащению средствами индивидуальной защиты, наличию сорбентов, нейтрализующих реагентов и аварийных емкостей. Все мероприятия должны быть направлены на исключение выбросов опасных веществ в окружающую среду и обеспечение безопасности сотрудников, а также охватывать сценарии как локальных инцидентов, так и масштабных аварийных ситуаций.

Пожары на полигонах представляют угрозу здоровью и безопасности людей, а также самой системе управления свалочного газа из-за опасных условий, которые они создают. Горящие отходы могут выделять токсичные газы. Кроме того, пожары вызывают проседание грунта, образуя провалы, которые представляют опасность для работников полигона. Если огонь доберется до оборудования системы свалочного газа, это также может привести к опасным ситуациям, например, перегреву оборудования или его неисправности.

Пожары на полигонах несут значительные риски для окружающей среды. Они могут приводить к выбросу токсичных веществ в атмосферу; неконтролируемое сгорание галогенсодержащих соединений часто приводит к образованию диоксинов и фуранов.

Еще один риск – повреждение оборудования системы свалочного газа. Огонь может вывести из строя дорогостоящие компоненты, что приведет к сбоям в системе и необходимости ремонта инфраструктуры полигона. Одной из первых мер реагирования при пожаре является прекращение работы системы сбора свалочного газа в той части полигона, где возник пожар или существует его риск.

Хотя это может показаться противоречивым, отключение системы сбора газа является одной из ключевых мер по тушению пожара, так как помогает создать условия, при которых дальнейшее горение становится невозможным.

Для предупреждения загрязнения почвы предусмотрена обваловка земляных сооружений (карты), обустройство участка дорогами с твердым покрытием и подъездными площадками. При временном хранении ТБО при переполнении контейнеров возможно загрязнение контейнерных площадок и стекание загрязненных стоков с них при выпадении атмосферных осадков. Для предупреждения загрязнения почв предусмотрено твердое покрытие контейнерных площадок. На предприятии осуществляется учет в случае возникновения аварийных ситуаций и связанных с ними последствий. О возникших авариях предприятие оповещает контролирующие службы в области охраны окружающей среды.

При скоплениях свалочного газа образуются пожаро- и взрывоопасные условия как на самих полигонах захоронения отходов, так и в близлежащих зданиях и сооружениях.

При самовозгораниях или несанкционированных поджогах отходов образуются токсичные вещества, в том числе, диоксины, являющиеся суперэкоотоксикантами. Известны также много случаев отравлений при техобслуживании заглубленных инженерных коммуникаций неподалеку от полигонов захоронения отходов.

План и процедуры по обеспечению готовности к аварийным ситуациям и реагированию на них должны быть предусмотрены для защиты персонала и населения перед началом эксплуатации, основываясь на расчетах с использованием официально признанного метода или комбинации методов оценки экологических рисков. План и процедуры должны быть предоставлены всем сотрудникам, и сотрудники должны быть ознакомлены. Кроме того, сотрудники должны на регулярной основе проходить базовую, ориентированную на конкретные задачи подготовку, а также повышение квалификации.

В наличии должен быть план по обеспечению готовности к чрезвычайным ситуациям и реагированию на них, обеспечивающий надлежащие меры для урегулирования возможных чрезвычайных ситуаций на объекте и координации реагирования за пределами объекта. Данный план должен охватывать, как минимум, следующее:

- соответствующее законодательство;
- список ответственных, подотчетных руководителей, наделенных полномочиями в чрезвычайных ситуациях;
- систему управления в чрезвычайных ситуациях, включая иерархию подчиненности;
- четко определенные критерии и границы чрезвычайной ситуации;
- список уведомления в чрезвычайных ситуациях (внутренний и сторонний);
- обязанности персонала;
- карту объекта, включая местоположение опасных мест и важнейших объектов инфраструктуры;
- имеющееся аварийно-спасательное оборудование и его местонахождение;
- общие процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации;
- меры противопожарной безопасности;
- меры по предотвращению и сдерживанию взрывов;
- меры борьбы с огнем;
- меры неотложной медицинской помощи;
- меры чрезвычайной экологической ситуации (т.е. недопустимые утечки фильтрата или биогаза);
- меры локализации разливов;
- реагирование при выбросе газа;
- меры при геотехнической нестабильности;
- меры по предотвращению и ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств;

требования к обучению и план;  
процедуры на случай чрезвычайных ситуаций.

При инциденте или аварии, которые оказывают значительное влияние на окружающую среду, оператором обеспечивается:

незамедлительное информирование уполномоченного органа в области охраны окружающей среды;

принятие мер по ограничению экологических последствий и по предотвращению потенциальных инцидентов или аварий.

Полигоны должны эксплуатироваться таким образом, чтобы снизить риск возникновения пожаров. Должны соблюдаться следующие требования:

все полигоны должны соответствовать требованиям к ежедневному и промежуточному покрытию, которые определяют размещение и уплотнение отходов в ячейках и изоляцию с помощью инертного ежедневного и промежуточного покрытия определенной толщины.

в пределах буферной зоны на расстоянии 20 м от места расположения свалки должны быть предусмотрены противопожарные проемы шириной не менее 15 м, свободные от деревьев, кустарника, высокой травы и других горючих материалов.

Место захоронения отходов должно иметь круглогодичный и непосредственный доступ к источнику водоснабжения, обеспечивающему постоянный приток воды для целей пожаротушения, превышающий 4000 литров в минуту, или к подходящему альтернативному оборудованию для пожаротушения, указанному в плане пожарной безопасности.

Все оборудование для захоронения отходов, которое будет работать на рабочей площадке полигона, должно быть оснащено средствами пожаротушения. В случае несанкционированного возгорания (включая любое тлеющее возгорание) персонал полигона должен немедленно предпринять все разумные усилия для тушения пожара, включая сообщение о пожаре в пожарную службу, несущую юрисдикционную ответственность.

Меры, направленные на безопасное захоронение отходов, обладающих пожароопасными свойствами или выделяющих пожароопасные вещества при хранении :

предварительная сортировка и обработка отходов, содержащих в повышенном количестве горючие компоненты (нефтепродукты и др.);

поддержание отходов в увлажненном состоянии для снижения вероятности самовозгорания;

ограничение контакта отходов с факторами, провоцирующими возгорание;

обеспечение на объектах захоронения отходов запаса воды, песка для тушения пожара;

обеспечение использования инертных изолирующих материалов для пересыпки слоев отходов, размещаемых в объектах захоронения отходов.

## **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 ТРГ по вопросам разработки справочника по НДТ "Захоронение отходов" в соответствии с положениями Правил [2].

В рамках данной процедуры учтена международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на справочном документе ЕС по экономическим аспектам и вопросам воздействия на различные компоненты окружающей среды "EU Reference Document on Economics and Cross-Media Effects", а также на Руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ "Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-associated Environmental Performance Levels and BAT-based Permit Conditions" [10].

### **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 ТРГ:

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

Для технологического процесса определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных загрязняющих веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенного КТА предприятий по 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 РК (выявленных в результате КТА) и в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень (количество) из техник-кандидатов, представленный в разделе 5.

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

3) анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической доступности.

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

оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости;

оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

Был проведен анализ экологического эффекта от внедрения техник-кандидатов, выраженный в количественном значении (единица измерения или процент 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, энергетическая утилизация отходов и захоронение 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, 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 ходе КТА.

#### 1. Оценка техники-кандидата по параметрам экономической доступности.

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

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

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

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

Так, технологические показатели, связанные с применением НДТ, определялись в том числе и с учетом уровней национальных показателей, что подтверждено отчетами проведенных КТА.

### **2.2. Критерии отнесения техник к НДТ**

В соответствии с пунктом 3 статьи 113 Экологического кодекса критериями определения НДТ являются:

- 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 РК или за ее пределами.

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

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

НДТ, порядок их применения, преимущества и недостатки, как правило, широко известны в отрасли захоронения отходов. НДТ считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной эксплуатации. Так, странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Детальный экономический анализ использования НДТ является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ, когда существуют достаточные основания полагать, что НДТ является чрезмерно затратной.

По результатам общей эколого-экономической оценки НДТ могут быть ранжированы как:

экономически эффективные – когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость услуг и приносит ощутимую экологическую результативность;

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 и дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоразмерны полученным экологическим выгодам.

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

В целом, переход на принципы НДТ должен осуществляться на экономически приемлемых для предприятия условиях, а именно: не снижать его экономической эффективности и критически не ухудшать финансового состояния в прогнозируемом периоде. Общая экономическая эффективность и возможность реализации НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия.

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 деятельности в долго-, средне- и краткосрочной перспективе. НДТ может быть признана применимой на отраслевом

уровне, если возможность ее реализации, с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод, существует в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих значительных инвестиционных капитальных вложений, определяется разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека 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**

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 деятельности: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость и другое (при доступности соответствующих данных);

- по соотношению затрат и достигаемого экологического эффекта.

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

### **2.3.3. Инвестиционная обоснованность затрат**

Следует понимать, что НДТ (особенно средозащитные) не всегда являются предметом коммерческой деятельности с целью извлечения прибыли и в ходе инвестиционного анализа проекта внедрения НДТ дисконтированные денежные потоки могут иметь отрицательные значения.

Применимость НДТ определяется в том числе инвестиционной обоснованностью затрат на технологии и оборудование, стоимостью капитала, периодом окупаемости, ценами на сырье и материалы и другими факторами.

С точки зрения доходности инвестиций НДТ могут оцениваться как:

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

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

- неприбыльные и чрезмерные по своим финансовым затратам;

достигающие требуемой экологической результативности по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

#### **2.3.4. Анализ затрат и выгод**

Помимо достигаемого экологического эффекта, применение НДТ во многих случаях дает снижение потребления физических природных ресурсов – сырья, топлива, электроэнергии, тепла, воды и т.д., представленных в денежном выражении. В этом случае НДТ может быть оценена с точки зрения полученных от ее применения выгод по сравнению с понесенными издержками.

Кроме того, результатом внедрения НДТ на полигонах захоронения отходов могут стать дополнительные источники доходов, такие как использование дегазационных систем с улавливанием и последующей утилизацией или продажей свалочного газа, применение фильтрата после соответствующей очистки для технических нужд, а также сортировка и отбор вторичных ресурсов из потока поступающих отходов с последующей их реализацией или направлением на переработку.

Общие экономические выгоды использования НДТ могут превысить затраты и стать стимулирующим фактором для ее реализации.

#### **2.3.5. Соотношение затрат и ключевых экономических показателей**

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды может быть проанализировано соотношение расходов на НДТ и ряда ключевых производственно-экономических результатов деятельности: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и другое.

При данном анализе возможно применение шкалы справочных значений, полученных по результатам анкетирования предприятий ЕС, которые ранжируют такие соотношения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиционные расходы незначительно влияют на ключевые показатели доходности и эти затраты можно считать приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда представляется затруднительным или невозможным дать четкую оценку целесообразности инвестиций и результат требует рассмотрения с учетом дополнительных факторов;

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

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [38]

№ п/п	Соотношение годовых затрат и инвестиций на НДТ к ключевым	Приемлемые		Неприемлемые
-------	---	------------	--	--------------

	показателям деятельности		Обсуждаемые	
1	Затраты / оборот (выручка)	< 0,5 %	0,5 – 5 %	> 5 %
2	Затраты / годовой доход операционная прибыль)	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %
3	Затраты / добавленная стоимость	< 2 %	2 – 50 %	> 50 %
4	Начальные инвестиции/ общий объем инвестиций	< 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 природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их достаточно неопределенными для однозначного вывода об обоснованности вложений. В этом случае, помимо условий, складывающихся на конкретном предприятии, целесообразность инвестиций 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 другое.

В целом, шкала справочных значений рассматривается как оценочный ориентир, применимый в большинстве случаев оценки НДТ, и также может использоваться для построения диапазонов применения НДТ с учетом финансово-экономического состояния конкретного предприятия.

### 2.3.6. Прирост себестоимости

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются также дополнительные затраты, которые могут быть понесены при внедрении техники в текущий производственный процесс, так как внедрение НДТ увеличивает себестоимость услуг и снижает потенциал НДТ с точки зрения экономической эффективности.

Процентное соотношение годовых затрат на внедрение НДТ и общей производственной себестоимости услуг выражает прирост себестоимости с учетом дополнительных расходов предприятия на НДТ. Определение прироста себестоимости позволяет сравнить затраты на внедрение НДТ с производственной себестоимостью услуг, а также определить, какое влияние оказывает НДТ на операционную маржинальность.

### 2.3.7. Соотношение затрат и экологического результата

Одним из основных способов экономической оценки НДТ является анализ расходования денежных средств на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от ее внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения/предотвращения отходов. Относительное соотношение данных значений определяет эффективность затрат на НДТ 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, распределенных по всему сроку службы НДТ в годовом исчислении, и операционных (эксплуатационных) расходов. Пересчет капитальных затрат в годовом исчислении производится коэффициентом годового пересчета (как функции срока службы НДТ и ставки дисконтирования), который в экономическом смысле представляет собой норму линейной амортизации основных средств.

Дисконтированные 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 обеспечена достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение операционных расходов по соответствующим статьям затрат.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 r + r n + r n - 1 + \text{ОС}$$

где:

$I_0$  – общие инвестиционные расходы в год приобретения;

ОС – годовые чистые операционные расходы;

$r$  – ставка дисконтирования;

$n$  – ожидаемый срок службы.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств, расходуемых на уменьшение эмиссии загрязняющего вещества на единицу массы/объема. Сравнение результатов расчетов по различным НДТ позволяет оператору НДТ определить, какая из них экономически более эффективна и позволяет затратить меньше средств на одинаковое снижение эмиссии.

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

Кроме непосредственно анализа показателей экономической эффективности НДТ, может оказаться полезным расчет платежей и штрафов, подлежащих к уплате за негативное воздействие на окружающую среду при наличии НДТ и при ее отсутствии.

Общий порядок, ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду и экологические штрафы регулируются налоговым и административным законодательством РК.

Необходимо учесть, что помимо платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местным представительным органам (маслихат) предоставлено право повышать действующие ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах соответствующих административных единиц в отношении захоронения коммунальных отходов (ТБО, ила канализационных очистных сооружений).

Вместе с тем, в целях стимулирования внедрения и применения НДТ на законодательном уровне приняты определенные регулирующие меры. В частности, для предприятий, получивших комплексное экологическое разрешение, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, подлежащих к уплате за негативное воздействие на окружающую среду.

При этом с 2025 года для активной реализации субъектами промышленности мероприятий по защите окружающей среды и применения НДТ, в случае отсутствия комплексного экологического разрешения к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду по предприятиям I категории, вошедших в перечень пятидесяти объектов I категории, наиболее крупных по суммарным выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду на 1 января 2021 года, будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028 г. – коэффициент 4 и с 2031 г. – коэффициент 8.

Дополнительно за осуществление эмиссий, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в том числе без экологического разрешения на действующий объект, налагается штраф в размере десяти тысяч процентов от соответствующей ставки платы в отношении превышенного количества загрязняющих веществ.

Применение НДТ с получением соответствующих экологических разрешений позволяет предприятиям достичь существенной экономии денежных средств по экологическим платежам и штрафам за негативное воздействие на окружающую среду.

### **2.3.9. Расчет "на установке"**

Процесс реализации мероприятий по НДТ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса реконструкции или модернизации производства. Для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе данных процессов или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которые расходуются исключительно на рассматриваемую НДТ.

В таких условиях объективными данными являются данные о расходах на НДТ "на установке", то есть направленные непосредственно на НДТ, сокращающие/предотвращающие эмиссии загрязняющих веществ и/или отходы в окружающую среду, или НДТ, реализующие технологии по их утилизации с помощью данной НДТ. При расчете "на установке" в общую сумму затрат включаются расходы на:

основные технологии и оборудование;

дополнительные/вспомогательные технологии и оборудование, являющиеся неотъемлемой частью НДТ;

пред/после очистные сооружения, расходные материалы, сырье и реагенты, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет "на установке" позволяет исключить фактор неопределенности при классификации капитальных и операционных расходов оператора объекта, и сравнивать затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям.

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

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов и методов, а также их комбинаций, применяемых при захоронении отходов.

#### **3.1. Процессы на полигонах опасных отходов – 1 класс**

Требования для полигонов опасных отходов регламентируются Экологическим кодексом, санитарно-эпидемиологическим требованиям, строительными нормами и правилами и международными стандартами.

Перечень отходов, разрешенных для захоронения на полигонах опасных отходов, определяются уполномоченным органом в области охраны окружающей среды.

Основная цель работы таких полигонов – безопасное долговременное изоляционное хранение опасных отходов с минимальным риском загрязнения окружающей среды. Для этого разработаны специализированные технологические решения и инженерные системы, обеспечивающие защиту от утечек, миграции загрязняющих веществ и воздействия климатических факторов.

Полигон опасных отходов представляет собой сложный инженерный объект, предназначенный для приема, обезвреживания, хранения и захоронения опасных (в т.ч. токсичных) отходов. Эти объекты создаются и функционируют в соответствии с законодательными требованиями, обеспечивая минимизацию вредного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Вся инфраструктура полигона организована таким образом, чтобы предотвратить распространение загрязняющих веществ в почву, воду и атмосферный воздух.

Токсичные отходы – это разновидность опасных отходов, содержащих токсичные вещества, которые при неправильном обращении могут причинить вред человеку и окружающей среде.

Для определения токсичности отходов используются классы опасности (от I до IV), установленные на основе методик и критериев, разработанных в соответствии с экологическим законодательством РК и санитарными правилами.

Полигон состоит из нескольких зон, каждая из которых выполняет свою функцию. Производственная зона предназначена для приема отходов и их первичной обработки. Здесь находятся разгрузочные площадки, лаборатории анализа и специальные участки для обезвреживания отходов. В лабораториях проводится проверка состава отходов, их классификация и определение методов дальнейшего обращения. В случае необходимости опасные вещества подвергаются термической, химической или физико-химической обработке, что позволяет снизить их токсичность и предотвратить нежелательные реакции. В некоторых случаях отходы подвергаются предварительной стабилизации, что значительно снижает риски их взаимодействия с окружающей средой.

Основная часть полигона – это зона захоронения отходов. Она представляет собой изолированные участки, оборудованные противодиффузионными экранами, которые предотвращают попадание токсичных веществ в грунтовые воды. В зависимости от класса опасности отходы размещаются либо в герметичных контейнерах, либо складируются послойно с применением специальных защитных покрытий. В отдельных случаях используются специальные конструкции для хранения особо опасных веществ, обеспечивающие дополнительную защиту от возможных утечек. Современные полигоны оснащаются многослойными инженерными барьерами, включающими геомембраны, глиняные экраны и дренажные системы, что делает их максимально безопасными в долгосрочной перспективе.

Основные процессы на таких полигонах включают прием, обработку, захоронение отходов, а также мониторинг и контроль воздействия на окружающую среду.

### **Проектирование полигона опасных отходов**

Проектирование полигона и системы экрана должно следовать геотехническим принципам для строительства экранов, дамб, откосов, ячеек полигона и дренажных сооружений. Прочность как ин-ситу почв (изучение или воздействие на почву происходит на месте ее естественного залегания, без перемещения почвы в лабораторию), так и инженерных почв должна быть оценена с использованием лабораторных и полевых испытаний. Плотность откосов и склонов дамб должна быть достаточной для безопасной эксплуатации как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

### *Контроль за фильтрациями*

Миграция жидкостей/воды на полигоне и из него происходит из-за различий в уровнях жидкости/воды на полигоне и в окружающем грунте. Если уровень жидкости/воды на полигоне выше уровня грунтовых вод, существует вероятность того, что фильтрат может выйти из полигона. В таком случае изоляционный экран может служить основной преградой для предотвращения загрязнения. Если уровень жидкости/воды на полигоне ниже уровня грунтовых вод, то утечка фильтрата наружу из полигона не должна происходить. Также бывают случаи, когда разница в уровнях этих жидкостей минимальна, но такие ситуации редки.

Если не принять меры для контроля уровня фильтрата на полигоне для опасных отходов, он, как правило, будет выше уровня грунтовых вод. Основной задачей системы сбора фильтрата является поддержание его уровня как можно более низким, и, в идеале, ниже уровня окружающих грунтовых вод. Это минимизирует риск миграции загрязняющих веществ в грунтовые воды за пределы полигона.

Для ограничения и контроля миграции загрязняющих веществ с полигона для опасных отходов, может быть разработана система управления фильтратом. Обычно фильтрат собирается над верхним композитным экраном и транспортируется через сеть перфорированных труб в накопительные емкости или подъемные трубы для сбора и удаления на поверхности.

Важные аспекты проектирования системы сбора фильтрата описаны в соответствующих нормативных материалах.

Система обнаружения утечек может контролировать долгосрочную эффективность основной системы сбора фильтрата и изоляции. Она также служит для сбора большей части утечек, что делает ее вторичной системой сбора фильтрата. Строительные требования для этой системы аналогичны требованиям для основной системы.

Система обнаружения и восстановления утечек должна быть установлена между двумя композитными экранами для измерения скорости утечек с течением времени, а также для сбора и анализа фильтрата. Эта информация используется для оценки текущей эффективности основной композитной изоляции.

Характеристики фильтрата с нового полигона для опасных отходов могут быть достаточно непредсказуемыми. Анализ фильтрата на конкретном объекте позволит оценить его характеристики, которые будут зависеть от состава отходов на полигоне. Фильтрат с такого полигона может быть классифицирован как опасные отходы или сточной водой, которая требует очистки/обработки.

Фильтрат может быть трудно поддающимся обработке и утилизации. Количество фильтрата можно уменьшить, установив соответствующее покрытие или покрытие полигона, чтобы снизить поступление воды. Если объем фильтрата относительно мал, возможно, не потребуется установка завода по его очистке на полигоне, и фильтрат можно будет транспортировать в соответствующее предприятие для обработки.

*Инженерное покрытие*

Инженерное покрытие (также известное как "финальное покрытие") для полигона опасных отходов предназначено для контроля, минимизации или устранения (в зависимости от необходимости для защиты окружающей среды и здоровья человека) утечек материалов с полигона в почву, поверхностные воды или атмосферу. Если эти выбросы не признаны безопасными, они должны управляться как опасные отходы и могут включать захороненные отходы, фильтрат, пары/газы, загрязненные стоки или продукты разложения.

Инженерное покрытие отличается от ежедневного и временного покрытия по функции и форме. Оно предназначено для создания непроницаемого барьера, чтобы предотвратить проникновение жидкости в полигон и утечку материалов изнутри, изолируя таким образом полигон от окружающей среды. Инженерное покрытие также должно:

- контролировать или минимизировать поступление жидкостей в закрытую ячейку полигона;

- функционировать с минимальным обслуживанием;

- способствовать поверхностному дренажу;

- выдерживать эрозию или абразию;

- учитывать оседание, чтобы сохранить целостность покрытия.

Инженерная система покрытия должна быть установлена на каждой ячейке полигона, чтобы изолировать отходы, контролировать проникновение воды и обеспечивать защиту от эрозии на объекте. Барьерный слой покрытия должен быть надежно соединен с системой изоляционных экранов полигона по периметру ячеек. Система покрытия должна иметь достаточную толщину, чтобы минимизировать повреждения от циклов замерзания/оттаивания.

#### *Управление ливневыми водами*

Правильное управление ливневыми водами является важным аспектом при проектировании и строительстве полигона для опасных отходов. Необходимо принять соответствующие меры для того, чтобы направить поверхностные воды (то есть " поступающие воды") от активной зоны полигона. Поступающие воды из территорий с захороненными опасными отходами должны собираться отдельно, анализироваться и, при необходимости, управляться как опасные отходы. Поступающие воды из активных зон также должны рассматриваться как потенциально загрязненные, анализироваться и, если нужно, управляться как опасные отходы.

Все проекты по управлению ливневыми водами должны оцениваться с учетом возможных последствий повторения крупнейшего регионального стихийного события ( самого сильного шторма, зафиксированного в регионе).

#### *Свалочный газ*

Биодеградация отходов вызывает выделение газов, таких как метан и углекислый газ, в подземные слои. Хотя известно, что выделение газов от опасных отходов обычно

невелико, необходимо провести оценку потенциального образования газов на полигоне и их выбросов в подземные слои.

Газы могут образовываться в захороненных отходах в результате химической реакции несовместимых материалов или разложения органических веществ. Они также могут быть результатом испарения летучих химических отходов, размещенных на полигоне. Несовместимые фильтраты или отходы, образующиеся на полигоне, также могут быть источниками газа. Более трудно предсказать образование газов из старых или выщелоченных материалов, которые подверглись химическим изменениям на полигоне.

Кроме того, газы могут образовываться в некоторых участках полигона, как и в других. Из-за разнообразия и непредсказуемости состава опасных отходов прогнозирование газообразования всегда связано с определенной степенью неопределенности.

Необходимо оценить потенциальное образование газов на полигоне для опасных отходов. Следует также оценить возможные пути миграции газов в подземных слоях природной среды. Миграцию газов следует регулярно отслеживать, особенно если наблюдается значительное их образование. Выделенные газы должны быть проанализированы, чтобы определить, какие отходы являются потенциальными источниками газа. Эта информация должна использоваться для разработки стратегий смягчения воздействия.

При необходимости должен быть внедрен соответствующий аварийный комплекс для сбора, обработки и газоотведения.

### **Эксплуатация полигона опасных отходов**

Успешная эксплуатация полигона для опасных отходов, спроектированного с учетом инженерных требований, зависит от строгого контроля процедур эксплуатации и мониторинга эффективности. Эти процедуры должны соответствовать общей проектной философии объекта и обеспечивать правильное закрытие и уход после закрытия.

Стратегия эксплуатации должна быть тесно связана с системой экологического управления.

При разработке плана эксплуатации для предлагаемого объекта следует определить конкретные требования к юрисдикции и полномочиям.

### *Административные процедуры*

Для полигона для опасных отходов, спроектированного с учетом инженерных требований, должно быть подготовлено всестороннее эксплуатационное руководство, которое будет служить основным справочным документом для ежедневной работы. С этим руководством должен быть ознакомлен весь персонал для использования в качестве основного источника информации для повседневной эксплуатации. Руководство должно регулярно пересматриваться и обновляться по мере разработки

новых процедур, связанных с экологическими или нормативными условиями. Процесс обзора и обновления является запланированной деятельностью в рамках стратегии СЭУ.

Руководство по процедурам должно охватывать все важные детали работы, включая :

- здоровье и безопасность;
- паспорта отходов и документы о перемещении;
- транспортные документы;
- ежедневные журналы учета движения отходов;
- обращения граждан и предпринятые меры;
- мониторинг эффективности и соблюдения норм;
- техническое обслуживание (включая все корректирующие действия);
- обучение;
- связь с общественностью;
- управление непредвиденными ситуациями;
- аварийные процедуры, включая возгорания и действия при пожаре;
- отчетность.

Руководство должно быть написано таким образом, чтобы его было удобно использовать в качестве справочного материала. Возможности для обучения должны включать развитие навыков принятия решений.

Для полигона опасных отходов должен быть организован комплексный контроль инвентаризации и системы учета отходов. Эта система должна строго соблюдаться всем операционным персоналом.

Владелец объекта должен обеспечить решение всех проблем, связанных с охраной труда и безопасностью, и должным образом документировать их.

Должен быть разработан комплексный план охраны здоровья и безопасности, если это требуется соответствующей юрисдикцией.

Оператор объекта должен обеспечить наличие необходимого оборудования для защиты персонала и гарантировать его правильное использование всеми лицами, входящими на территорию объекта.

### **Прием и учет на полигоне опасных отходов**

Процесс приема и учета отходов на полигонах опасных отходов является одним из ключевых этапов в системе обращения с отходами. Он направлен на обеспечение контроля за поступающими отходами, предотвращение попадания запрещенных или неучтенных материалов, а также на документирование их движения и хранения. В соответствии с законодательством РК, прием отходов осуществляется строго в рамках установленных норм и требований.

#### *Документальное сопровождение*

Каждый собственник отходов, передающий их на полигон, обязан предоставить оператору следующие документы:

подробное описание отходов, включая их состав и физико-химические свойства;  
паспорт опасных отходов (при наличии опасных свойств);  
информацию о происхождении отходов, включая источник их образования;  
данные о предполагаемых объемах и массе отходов.

Перед допуском отходов на территорию полигона оператор проводит проверку всей документации на соответствие действующим нормативам. В случае выявления расхождений или отсутствия обязательных документов отходы могут быть не приняты.

#### *Визуальный осмотр и проверка соответствия*

Перед разгрузкой отходов оператор полигона проводит визуальный осмотр каждой партии. Данный этап включает:

визуальное сравнение отходов с данными, указанными в документации;  
проверку наличия посторонних предметов и запрещенных веществ;  
оценку состояния упаковки и маркировки опасных отходов;  
фиксацию возможных нарушений для дальнейшего принятия решений.

Если визуальный осмотр выявляет подозрительные или несоответствующие материалы, оператор может инициировать дополнительное исследование отходов. В этом случае образцы отходов направляются в аккредитованную лабораторию для анализа их химического состава и класса опасности. Только после получения подтверждающих данных принимается окончательное решение о возможности захоронения отходов на полигоне.

Кроме того, в рамках визуального контроля оператор должен обращать внимание на

:  
соответствие упаковки отходов требованиям безопасности;  
целостность контейнеров, мешков и других емкостей для предотвращения утечек;  
возможность образования вторичных загрязнений или реактивных соединений при хранении;

учет воздействия климатических условий (температура, влажность, осадки) на свойства отходов.

Для систематизации визуального контроля операторы ведут специальные журналы осмотра, в которых фиксируются все выявленные нарушения, принятые решения и рекомендации по дополнительным проверкам.

При необходимости ведется фото или видеофиксация транспортных средств и/или груза.

#### *Дозиметрический контроль*

Для предотвращения попадания на полигон радиоактивных отходов каждая поступающая партия проходит дозиметрический контроль. Он включает:

измерение уровня ионизирующего излучения с использованием сертифицированных дозиметров;  
сравнение показателей с допустимыми нормами радиационной безопасности;  
в случае превышения норм – отказ в приеме отходов и уведомление уполномоченных органов.

#### *Взвешивание и учет отходов*

После успешного прохождения проверок отходы направляются на взвешивание с использованием сертифицированного весового оборудования. Взвешивание проводится для точного определения массы поступающего груза, а полученные данные вносятся в учетные журналы полигона. Для каждой партии фиксируются: масса отходов, дата и время поступления, идентификационные данные владельца отходов, место размещения отходов на полигоне.

#### *Хранение и систематизация данных*

Все сведения о поступивших отходах хранятся в системе документооборота полигона, включенной в государственный кадастр отходов РК. Документация должна храниться не менее 5 лет и предоставляться контролирующим органам по их запросу.

Возможна организация единой системы учета данных отходов нескольких связанных между собой объектов обращения с отходами, что позволяет видеть поток отходов в целом (поступление, переработка/ утилизация/ размещение, передача).

#### *Организация приемных пунктов*

На территории полигона оборудуются специализированные пункты приема отходов, оснащенные:

оборудованием для взвешивания;  
контрольно-пропускными пунктами;  
средствами визуального контроля и автоматизированными системами учета;  
лабораторным оборудованием для экспресс-анализа отходов;  
мойкой колес.

#### *Безопасность и предотвращение нарушений*

Оператор полигона обязан обеспечить строгий контроль за процессом приема отходов, чтобы исключить:

попадание запрещенных к захоронению отходов (радиоактивных, взрывоопасных, биологически активных и т. д.);

смешивание различных типов отходов, что может привести к химическим реакциям и дополнительному загрязнению;

несанкционированное внесение изменений в учетные документы;

доступ посторонних лиц на объект с обязательным наличием ограждения полигона с информированием о запрещении доступа.

При выявлении нарушений оператор полигона обязан незамедлительно уведомить уполномоченные органы и принять соответствующие меры.

Процесс приема и учета отходов на полигонах опасных отходов является важнейшим элементом контроля за безопасностью захоронения. Строгий учет, документирование и проверка поступающих материалов позволяют минимизировать риски загрязнения окружающей среды и обеспечить соблюдение требований законодательства РК.

### *Захоронение отходов*

Процедуры обращения с опасными отходами вступают в силу, как только транспортные средства входят на территорию полигона для опасных отходов.

Технологические процессы, связанные с погрузкой, транспортировкой и разгрузкой отходов с 1 по 3 класс опасности механизмируются.

Необходимо предусмотреть меры для предотвращения случайного выноса потенциально загрязненных материалов с территории полигона, например, с помощью следов от колес или других путей.

Транспортные средства, въезжающие на объект, должны выгрузить свой груз для инспекции отходов перед захоронением. Манифесты отходов или документы о движении (в соответствии с требованиями регулирующих органов) являются важной частью отслеживания отходов с момента их поступления на объект до захоронения. Для подтверждения типа получаемых отходов обычно проводится их отбор для анализа. Важно проверять правильность этих манифестов или документов о движении до того, как отходы будут приняты.

После завершения процедур приема отходов груз должен быть перемещен в активную зону захоронения с помощью транспортных средств и оборудования, которые предназначены исключительно для работы в загрязненных зонах объекта.

Захоронение водорастворимых отходов 1 класса опасности проводят в стальных контейнерах или баллонах с толщиной стенки не менее 10 мм с двойным контролем на герметичность до и после их заполнения, которые размещают в бетонном коробе.

Захоронение отходов в жидком состоянии не допускается. Жидкие отходы 1 – 3 класса опасности перед вывозом на полигон переводят в пастообразную консистенцию.

Процесс размещения опасных отходов на полигоне должен быть контролируемым и систематичным. Процедуры размещения отходов должны учитывать концепцию планируемого полигона (усиленное или обычное выщелачивание), проект ячеек и систему контроля фильтрата (для предотвращения засорения), требования к развитию ячеек (для обеспечения физической стабильности), а также требования к покрытию и закрытию ячеек (для минимизации оседания). Также должно соблюдаться разделение несовместимых материалов, чтобы минимизировать риски взрывов, пожаров и выделения токсичных газов. Другими важными факторами являются воздействие инфильтрации и поверхностного водотока в активную зону захоронения.

Точные записи о размещении отходов должны вестись на протяжении всего периода заполнения полигона. План размещения отходов должен быть связан с

контрольными точками на местности. Эти записи будут необходимы, если возникнет необходимость извлечь конкретные отходы из полигона и позволят точно извлечь их в будущем. Записи о размещении отходов могут быть использованы для различных других целей.

#### *Ежедневное и временное покрытие*

Временное покрытие полигона предназначено для улучшения факторов безопасности, дренажа, вентиляции, изоляции и защиты основания. Поскольку на полигонах для опасных отходов присутствуют опасные материалы, а не разлагающиеся отходы, такие объекты не привлекают вредителей и переносчиков болезней (организмов, которые могут переносить болезни или другие угрозы) так, как муниципальные полигоны.

Ежедневное покрытие используется для предотвращения и контроля таких организмов, если они появляются. Также оно может потребоваться для минимизации воздействия окружающей среды, например, на запахи, пыль, огонь или мусор, которые могут распространяться с помощью ветра. Ежедневное покрытие эффективно изолирует отходы от внешней среды при случайных реакциях. В экстремальных случаях оно может смягчить последствия спонтанных событий, таких как взрывы.

В операциях по размещению отходов временное покрытие может эффективно использоваться для изоляции или разделения отходов. Оно также может быть полезным для контроля за инфильтрацией, парами и газами. Материалы покрытия могут использоваться для обеспечения физической стабильности и служить "заполнителем" в пустотах между размещенными отходами, что помогает снизить проблемы с оседанием. Временное покрытие может быть использовано для ограничения воздействия осадков на ячейки с отходами, при этом такой материал покрытия должен быть более мелкозернистым, чем гранулированный, чтобы эффективно выполнять эту задачу.

Операционный план должен учитывать требования к ежедневному и временно покрытию, а также необходимые запасы материалов. Вопросы логистики, такие как использование покрытия зимой и замерзание материала покрытия, также должны быть рассмотрены в операционном плане.

#### *Системы сбора фильтрата, обнаружения утечек и восстановления утечек*

Системы сбора фильтрата, обнаружения утечек и восстановления утечек предназначены для удаления практически всех жидкостей, которые просачиваются из полигона для опасных отходов в течение его загрязняющего срока эксплуатации. Система сбора фильтрата имеет конечный срок службы, который может быть значительно короче, чем предполагаемый срок загрязнения объекта. Поэтому будет целесообразно спроектировать систему, которую можно заменить столько раз, сколько необходимо, с минимальными усилиями. Эти активные системы выполняют две основные функции:

минимизацию потенциального перемещения загрязняющих веществ;  
мониторинг эффективности систем изоляции или контроля.

Следует установить систему для удаления перекачиваемых жидкостей, что позволит минимизировать давление жидкости на нижнюю защитную оболочку. Система требует эффективной программы мониторинга производительности, которая должна регулярно оцениваться. Программа мониторинга должна инициировать корректирующие действия, если производительность системы не соответствует минимальным требованиям.

Возможно, орган власти потребует официального утверждения критериев эффективности этих систем и любых последующих изменений. Если не доказано, что фильтрат не является опасным, его следует рассматривать как опасные отходы и управлять им соответствующим образом.

### **Обезвреживание и стабилизация отходов**

Обезвреживание и стабилизация отходов – это ключевые процессы, направленные на снижение опасности отходов перед их окончательным захоронением. Эти методы позволяют минимизировать токсичность, вероятность распространения загрязняющих веществ и воздействие на окружающую среду [16].

### **Методы обезвреживания отходов**

Обезвреживание отходов осуществляется различными методами, в зависимости от их химического состава, физического состояния и уровня опасности. Основные технологии включают:

#### *Физические методы*

Физические методы направлены на изменение физических свойств отходов без изменения их химического состава. Основные процессы включают:

фильтрацию и осаждение – используются для отделения твердых частиц из жидких отходов, что снижает содержание взвешенных и растворенных загрязнителей;

замораживание – применяется для временного обезвреживания жидких отходов, препятствует испарению токсичных веществ;

испарение и сублимацию – позволяет концентрировать отходы, удаляя летучие компоненты;

сепарацию и разделение фаз – физическое разделение многокомпонентных отходов, например, удаление масла из сточных вод.

#### *Химические методы*

Химические методы направлены на изменение химического состава отходов с целью их нейтрализации или превращения в менее опасные соединения. Основные процессы включают:

Окисление – применение сильных окислителей (перманганат калия, озон) для разложения токсичных веществ.

Восстановление – используется для нейтрализации окисленных соединений, например, превращение шестивалентного хрома в менее токсичный трехвалентный.

Нейтрализация – применяется для кислотных и щелочных отходов путем их смешивания с реагентами, такими как известь или серная кислота.

Осаждение – перевод токсичных компонентов в нерастворимую форму, например, осаждение тяжелых металлов сульфидами или гидроксидами.

### **Стабилизация и безопасное хранение отходов**

Стабилизация отходов проводится для предотвращения их взаимодействия с окружающей средой после захоронения. Основные технологии включают:

#### **Иммобилизация отходов**

Процесс иммобилизации направлен на фиксацию токсичных компонентов в твердой матрице, исключая их вымывание и распространение.

Цементация – смешивание отходов с цементом и наполнителями (зола, песок), создавая прочную структуру, устойчивую к воздействию воды.

Стабилизация глиной – используется для удержания жидких отходов, предотвращая их проникновение в грунтовые воды.

Иммобилизация в стекле – превращение опасных веществ в стекловидную массу, что делает их химически инертными.

#### **Система изоляционных экранов**

Изоляционные экраны помогают предотвратить перемещение жидкостей и опасных материалов с полигона для опасных отходов в грунтовые воды. Они также предотвращают распространение газов, образующихся на полигоне. Существует следующие основные категории изоляционных экранов:

- природные малопроницаемые глинистые отложения,
- уплотненные глинистые экраны,
- геосинтетические глинистые экраны (GCL),
- геомембранные экраны.

#### **Природные глинистые отложения**

Природные отложения могут иметь более переменные характеристики, чем искусственные глинистые экраны, и содержат естественные трещины, что требует использования большей толщины материала для обеспечения надежной изоляции.

#### **Уплотненные глинистые экраны**

Уплотненные глинистые экраны хорошо защищают от некоторых загрязнителей, таких как органические соединения и тяжелые металлы, но не всегда эффективны против солей. Важно учитывать химический состав глины, чтобы предотвратить реакции между фильтратом и глиной, которые могут снизить эффективность изоляции.

#### **Геосинтетические глинистые экраны (GCL)**

Геосинтетические глинистые экраны очень тонкие и обычно используются вместе с природным материалом для создания эффективного барьера против загрязнителей через диффузию.

### **Геомембранные экраны**

Геомембраны также тонкие и могут развивать отверстия или разрывы, что может привести к утечкам, если они используются без дополнительной защиты. Тем не менее, они обеспечивают отличную защиту от жидкостей и диффузии ионных загрязнителей, таких как тяжелые металлы и хлориды, но могут пропускать диффузию органических химических веществ.

### **Комбинированные экраны**

Каждый тип материала имеет свои преимущества и недостатки, поэтому часто используются комбинированные экраны, которые сочетают два материала для формирования композитного экрана. Обычно это геомембрана и уплотненная глинистая почва, что позволяет компенсировать недостатки каждого материала. Например, такой композитный экран может эффективно защищать от органических загрязнителей и тяжелых металлов, а также снижать утечку благодаря использованию преимуществ обоих материалов.

### **Проектирование и монтаж изоляционных экранов**

Проектирование и строительство изоляционных экранов для полигонов опасных отходов требует особой внимательности. Исторически в качестве материала экрана использовались глинистые почвы с высоким содержанием глины, особенно если они находились в подходящей гидрогеологической среде. Однако чаще всего для создания экранов применяются композитные материалы.

Современный стандарт проектирования для полигона опасных отходов часто включает двойную композитную систему экрана с природной аттенуацией. Тем не менее, проект может быть принят, если он обеспечивает эквивалентную или лучшую защиту для окружающей среды и здоровья людей и соответствует всем требованиям регулирующих органов.

### **Факторы проектирования и монтажа экрана из уплотненной почвы**

При проектировании и монтаже экрана из уплотненной почвы следует учитывать оптимальное содержание влаги для уплотнения глины, толщину и тип уплотнения слоев, сопротивление материалов экрана миграции жидкостей (гидравлическая проводимость/проницаемость), взаимодействие глины с загрязнителями, процедуры контроля качества при строительстве.

### **Факторы проектирования и монтажа геомембранных и GCL экранов**

При проектировании и монтаже геомембранных и GCL экранов необходимо учитывать:

- совместимость с опасными отходами, фильтратом и газами;
- устойчивость к воздействию погоды, включая ультрафиолетовое излучение;

сопротивление механическим повреждениям;  
устойчивость к воздействию грызунов, насекомых и микробов;  
сопротивление химическому старению;  
сохранение установленных свойств при эксплуатационных температурах;  
эффективность соединений швов и швов;  
требования к контролю качества при производстве и монтаже;  
прогнозируемый срок службы.

Среди материалов для синтетических мембран предпочтение отдается HDPE (полиэтилен высокой плотности), который обладает высокой прочностью на растяжение, хорошей устойчивостью к разрывам и проколам, отличной гибкостью при низких температурах и отличной устойчивостью к воздействию широкого спектра опасных материалов.

Геомембранные экраны должны быть спроектированы и установлены с защитой от образования отверстий, разрывов и трещин в процессе строительства и эксплуатации.

#### *План действий на случай чрезвычайных ситуаций и процедуры*

Должен быть подготовлен и регулярно обновляться набор процедур на случай чрезвычайных ситуаций. Эти процедуры должны охватывать все возможные и предсказуемые сценарии чрезвычайных ситуаций. План должен предусматривать меры по устранению несчастных случаев как на территории объекта, так и за его пределами, которые могут повлиять на общественное здоровье и безопасность, окружающую среду и имущество.

Планы действий на случай чрезвычайных ситуаций традиционно связаны с программами мониторинга производительности. Результаты мониторинга, выходящие за пределы заранее определенных норм, становятся сигналом для принятия мер и определяют необходимый уровень реагирования.

Все сотрудники должны быть обучены действиям в подобных ситуациях. Регулярные учения или тренировки могут быть эффективными для подготовки персонала к проведению этих процедур.

Оператор полигона для опасных отходов должен обеспечить разработку планов действий на случай чрезвычайных ситуаций для всех этапов эксплуатации объекта, включая строительство, эксплуатацию, техническое обслуживание, замену, закрытие и послекорректировочное обслуживание.

План действий на случай чрезвычайных ситуаций должен включать планы, технические характеристики и описания мер и процедур, которые будут использоваться на объекте

#### **Программы экологического мониторинга**

Программы экологического мониторинга на территории объекта по захоронению опасных отходов и в его окрестностях позволяют владельцу и органу, осуществляющему контроль, выполнять следующие задачи:

устанавливать базовые условия на объекте;

отслеживать естественные и/или внешние изменения;

подтверждать, что объект работает в соответствии с проектом (проверка эффективности системы управления окружающей средой);

выявлять возможные воздействия на окружающую экосистему;

соблюдать требования контролирующих органов.

Мониторинг позволяет подтвердить, что объект функционирует должным образом, например, проверяя работу системы детекции утечек. Результаты, выходящие за пределы ожидаемых значений, должны инициировать дальнейшие исследования и, если необходимо, корректирующие действия, до того, как влияние на границы объекта станет заметным. Мониторинг эффективности также используется для демонстрации успешности предпринятых корректирующих мер.

Все мониторинговые работы должны проводиться в правильных точках для получения значимых данных, а для обеспечения надежности результатов должны использоваться процедуры обеспечения качества. Программы экологического мониторинга должны выполняться обученным персоналом (или специалистами) с соблюдением установленных протоколов отбора проб. Для разных видов мониторинга требуется соответствующая квалификация, и персонал, проводящий отбор проб, должен быть обучен для каждого метода.

Системы мониторинга должны регулярно обслуживаться и эксплуатироваться в период рекультивации для своевременного выявления возможных проблем. Особое внимание следует уделять системе контроля подземных вод. Кроме того, должны проводиться периодические визуальные осмотры для проверки целостности изоляционного покрытия полигона и систем отвода поверхностных вод. Эти проверки также помогут убедиться, что утвержденное использование территории не нарушается. При выявлении потенциальных проблем необходимо незамедлительно принимать корректирующие меры.

Оператор объекта по захоронению опасных отходов должен осуществлять программу экологического мониторинга как в период эксплуатации, так и после закрытия объекта. Эта программа должна отслеживать физическое перемещение объекта, утечку фильтрата, химию подземных вод, выбросы в атмосферу и общие условия на территории. Необходимо вести подробную документацию о всех данных, собранных на этапах до начала эксплуатации, в процессе работы и после закрытия объекта.

### **Закрытие и рекультивация**

Планы закрытия и рекультивации должны быть обязательной частью для объекта по захоронению опасных отходов. Объект по захоронению опасных отходов должен

начать подготовку к окончательному закрытию за соответствующий период до завершения срока активного заполнения. Процедуры закрытия также могут быть применены к тем частям большого объекта, где работы по заполнению уже завершены.

### *Закрытие*

Окончательное закрытие означает момент, когда часть или весь объект по захоронению опасных отходов заполняется. Это переходный этап от активного заполнения к периоду, когда захоронение отходов прекращается и устанавливается окончательное покрытие. Для проведения закрытия требуются специфические процедуры, чтобы обеспечить долгосрочную целостность и безопасность объекта. При этом приоритетом является защита окружающей среды и здоровья людей.

Планы по уходу за объектом после его закрытия должны быть подготовлены на стадии начального проектирования объекта. Эти планы должны обновляться, если они каким-либо образом изменяются в результате изменений в проектировании или операционных процедурах объекта. Включение спецификаций для закрытия на стадии проектирования позволит обеспечить совместимость планов развития объекта с требованиями по деактивации и долгосрочному уходу после закрытия.

Оператор объекта по захоронению опасных отходов обязан закрыть объект таким образом, чтобы минимизировать необходимость в дальнейшем обслуживании. Кроме того, любые продолжающиеся утечки опасных загрязняющих веществ в подземные воды, поверхностные воды и атмосферу должны контролироваться в пределах, достаточных для защиты окружающей среды и здоровья людей.

После завершения закрытия ячейки(ек) захоронения все оборудование и сооружения, использовавшиеся на объекте (за исключением долгосрочных систем контроля окружающей среды и мониторинга), должны быть продезинфицированы и/или утилизированы надлежащим образом.

### *Рекультивация*

План рекультивации охватывает период с момента закрытия последней активной зоны объекта до времени, когда он перестанет представлять значительную угрозу для окружающей среды и здоровья населения.

Мероприятия по рекультивации полигона захоронения опасных отходов должны быть предусмотрены еще на этапе его проектирования и планирования. В дальнейшем эти планы необходимо регулярно пересматривать и корректировать в случае изменений в конструкции объекта или операционных процессах.

Следующее использование территории полигона должно быть определено заранее, и на этапе проектирования, и после его закрытия должны быть получены все необходимые разрешения. Также должны быть установлены соответствующие ограничения на использование земли, чтобы предотвратить нарушение условий безопасного хранения отходов. Долгосрочные варианты использования территории должны исключать значительные строительные работы, такие как возведение зданий,

прокладка дорог и коммуникаций. Однако возможно использование участка для менее интенсивных целей, например, в рекреационных целях. При этом доступ на территорию должен быть ограничен на неопределенный срок.

Выбор конкретного варианта использования будет зависеть от особенностей участка, включая данные, полученные в ходе мониторинга. В случае значительной просадки грунта, эрозии, выбросов газов или образования фильтрата может потребоваться полное ограничение доступа к территории до стабилизации ситуации.

План рекультивации должен включать описание эксплуатационных мероприятий, которые будут проводиться после окончательного закрытия объекта, а также их периодичность.

В обязательном порядке в план необходимо включить:

поддержание целостности и функциональности финального защитного покрытия; эксплуатацию и обслуживание систем сбора фильтрата и газа, а также установок их очистки;

регулярный экологический мониторинг;

защиту и обслуживание геодезических ориентиров;

контроль доступа к объекту в соответствии с утвержденным вариантом его использования;

долгосрочные меры реагирования на возможные экологические риски.

### **3.2. Процессы на полигонах неопасных отходов – 2 класс**

#### *Критерии типов и объемов отходов*

Типы отходов, принимаемых на полигон, определяют возможные источники загрязнения и, следовательно, потенциальный экологический риск.

Если полигон принимает только относительно инертные материалы, такие как строительные и монтажные отходы, не обладающие потенциально опасными свойствами, экологические последствия будут в основном ограничиваться образованием пыли, шума и осадков. Эти факторы могут быть легко контролируемы

Инертные отходы – это отходы, не подвергающиеся значительным физическим, химическим или биологическим преобразованиям в окружающей среде и не содержащие потенциально опасных компонентов после захоронения. К таким отходам, образующимся при строительных и монтажных работах, относятся кирпичи, бетон, стекло, пластмассы, металлы и древесина. Эти отходы не должны быть загрязнены или смешаны с другими материалами (допустимые уровни загрязнения определяются в соответствующих нормативных документах либо по согласованию с уполномоченными органами). Инертные отходы не включают чистые естественные грунты, не содержащие других отходов.

Если полигон принимает отходы с разлагаемым содержимым, увеличивается вероятность образования загрязняющего фильтрата и неприятных запахов, что требует более тщательного управления.

Процессы подготовки полигона второго класса, приема, захоронения и его рекультивации аналогичны процессам на полигоне опасных отходов, за исключением работ по иммобилизации отходов, так как инертные отходы этого не требуют.

### **3.3. Процессы на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) –3 класс**

Требования для полигонов ТБО регламентируются Экологическим кодексом, санитарно-эпидемиологическими требованиями.

Согласно приказу Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 7 сентября 2021 года № 361 "Об утверждении перечня видов отходов для захоронения на полигонах различных классов" на полигонах ТБО допускается принимать для захоронения:

коммунальные отходы, образующиеся в домохозяйствах в результате жизнедеятельности человека, не подлежащие переработке и в которых не содержатся вторичные материальные ресурсы;

отходы производства, близкие к коммунальным по составу и характеру образования, не подлежащие переработке и в которых не содержатся вторичные материальные ресурсы.

Процедура управления ТБО на полигоне включает несколько ключевых этапов:

прием и регистрацию отходов;

разгрузку и сортировку отходов;

уплотнение и послойное размещение отходов;

инженерную защиту полигона (предусматривается на этапе проектирования и строительства полигона);

экологический мониторинг;

рекультивацию закрытых карт полигона.

#### **1. Прием и регистрация отходов**

Прием и регистрация отходов на полигоне ТБО начинается с прибытия транспортного средства на контрольно-пропускной пункт. Здесь водитель предъявляет документы, подтверждающие легальность перевозки и состав отходов. Оператор КПП проводит первичную проверку груза: сверяет данные, оценивает визуальное состояние отходов и транспорта, фиксируя возможные нарушения.

После этого машина направляется на весовую станцию, где определяется ее масса в загруженном состоянии. Вся информация вносится в реестр: кто привез отходы, какого они типа, сколько весят и в какую зону полигона будут направлены. При необходимости отходы могут быть подвергнуты дополнительному контролю – выборочному анализу или сортировке. Это особенно важно, если есть риск попадания запрещенных или опасных отходов.

После проверки водитель получает указания на разгрузку. В зависимости от вида отходов их могут направить либо сразу в карту захоронения, либо в зону временного хранения или переработки. Завершив выгрузку, машина снова заезжает на весы для контроля фактического объема выгруженных отходов.

Финальный этап – регистрация всех данных. Информация о поступивших отходах заносится в систему учета, документы архивируются, а при необходимости ведется фотофиксация груза. Эти данные используются для отчетности и контроля за эксплуатацией полигона, обеспечивая прозрачность процессов обращения с отходами.

На полигоне Предприятия № 1 предусмотрен прием, планирование и уплотнение отходов, позволяющие увеличить нагрузку отходов на единицу площади сооружений, обеспечивая рациональное использование земельных участков.

В административно-хозяйственной зоне размещены:

административно-бытовое здание с котельной;

контрольно-пропускной пункт;

площадка с навесом для техники;

склад для хранения растворов и дезинфекции;

контрольно-дезинфицирующая ванна;

резервуары пожаротушения (надземные 32м<sup>2</sup> воды и подземные 100 м<sup>2</sup>);

трансформаторная подстанция;

резервуар для питьевой воды;

площадка помывки контейнеров и кузовов мусоровозов;

мусоросортировочная линия ВторТех-15.



Рисунок 3.1. Технологическая схема полигона.

#### *Сбор отходов*

Согласно санитарным и технологическим нормам и правилам проводится плано-регулярная очистка городских территорий.

Плано-регулярная система очистки предусматривает регулярный вывоз отходов без заявок с установленной периодичностью, использование для удаления отходов специального мусоровозного транспорта, вывоз отходов по четкому маршрутному графику (2 раза в день) с закреплением мусоровозов за определенной группой зданий, охват всех домовладений независимо от их ведомственной принадлежности.

#### *Транспортировка отходов*

Транспортировка ТБО на полигон осуществляется мусоровозами. Как правило, спецавтотранспорт оборудован навигационной системой. Транспортировка ТБО осуществляется от населения и предприятий населенного пункта, вывоз ТБО осуществляется своевременно. Сроки хранения отходов в контейнерах при температуре 0 °С и ниже – не более трех суток, при плюсовой температуре – не более суток.

#### *Прием отходов*

Полигон состоит из двух зон: территория складирования ТБО (2 площадки) и размещение хозяйственно – бытовых объектов.

Подъездные пути к полигону рассчитаны на двухстороннее движение. При въезде на полигон расположен контрольно-пропускной пункт, автовесы, шлагбаум.

Прием ТБО ведется с отметками в путевых листах автотранспорта, ведомостях и "Журнале по приему ТБО" по каждому поставщику. Ответственным специалистом предприятия ведется учет движения данных отходов.

Учет отходов осуществляется с помощью автовесов, с записью в журнал, с указанием даты, количества и наименования организаций. Предусмотрен дозиметрический контроль каждой поступающей партии отходов.

Прием и распределение поступающих отходов по ячейкам полигона в зависимости от их видового состава, а также учет отходов будет осуществляться непосредственно на весовой полигона.

Для задержания легких фракций отходов, образующихся при разгрузке ТБО из мусоровозов, устанавливаются сетчатые переносные ограждения. Высота ограждений 4 метра, ширина 1,5 метра. Размеры ограждаемого участка должны обеспечивать работу без перестановки не менее недели. Каждую смену производится очистка щитов.

#### *Описание принимаемых отходов*

На полигон принимаются ТБО, строительные (при наличии оборудования для их переработки) и золошлаковые отходы.

Состав и объем бытовых отходов чрезвычайно разнообразны и зависят от времени года и многих других факторов. ТБО отличаются стабильно высоким содержанием органического вещества (до 78 % сухого вещества) с незначительными сезонными колебаниями. ТБО имеет низкую теплотворность. Удельная теплота их сгорания составляет 1480 ккал/кг, колеблясь по сезонам года от 1224 до 1612 ккал/кг. В осенний период при наибольшей влажности теплотворность имеет наименьшую величину. Повышенная влажность определяется высоким содержанием пищевых отходов. Значительно возросло содержание в ТБО цветных металлов за счет появления алюминиевых банок из-под напитков, а также содержание пластмассовых упаковочных материалов, в том числе 1,5-2-литровых ПЭТ бутылок из-под воды.

#### *ТБО*

Образуются в процессе хозяйственно-бытовой деятельности населения и сотрудников предприятий и учреждений, поступают на складирование на полигон ТБО.

Партии поступающих отходов проходят дозиметрический контроль. При приемке отходов производится визуальный контроль фракционного и морфологического состава ТБО.

#### *Строительный мусор*

Принимается от организаций и предприятий, в которых образуется при строительном-монтажных, ремонтных кровельных, штукатурно-малярных, бетонных работах и т.п.

Складируется отдельно на полигоне ТБО по мере поступления, мелкий строительный мусор используется для отсыпки технологических дорог.

#### *Золошлаковые отходы*

Принимается от организаций и предприятий, в которых образуется при работе котельных.

Складируется на площадке на полигоне ТБО по мере поступления, используется для изоляции ТБО.

Таблица 3.1. Состав ТБО, % по массе

№ п/п	Наименование компонента отхода	Концентрация С <sub>i</sub> , мг/кг (С <sub>i</sub> %)
1	Бумага и древесина	600000 (60 %)
2	Ветошь	70000 (7 %)
3	Пищевые отходы	100000 (10 %)
4	Стеклобой	60000 (6 %)
5	Металлы	50000 (5 %)
6	Пластмассы	120000 (12 %)

Таблица 3.2. Состав строительного мусора

№ п/п	Наименование компонента отхода	Концентрация С <sub>i</sub> , мг/кг (С <sub>i</sub> %)
1	Бой кирпичной кладки	300000 (30%)
2	Лом штукатурки	100000 (10%)
3	Древесные отходы	100000 (10%)
4	Бетон	400000 (40%)
5	Прочие	100000 (10%)

Таблица 3.3. Состав золошлаковых отходов

№ п/п	Наименование компонента отхода	Концентрация С <sub>i</sub> , (С <sub>i</sub> %)
1	Кремний и его соединения	58
2	Алюминий и его соединения	25
3	Железо и его соединения	14,6
4	Кальций металлический в несвязанной форме	1,9
5	Магний металлический в несвязанной форме	0,5

## **2. Разгрузка и сортировка**

После завершения процедуры приема отходов транспортное средство направляется в указанную зону разгрузки. В зависимости от типа отходов и их дальнейшего

обращения машина может следовать к участку захоронения, сортировочной площадке или зоне временного хранения.

Прибыв в зону разгрузки, водитель получает указания от оператора полигона. Разгрузка может производиться механизированным способом (с использованием самосвалов, погрузчиков, бульдозеров) или вручную, если отходы требуют предварительной обработки. Специалисты контролируют процесс, следя за равномерным распределением отходов, предотвращая образование несанкционированных свалок и загрязнение смежных участков.

В некоторых случаях отходы подлежат сортировке. Если на полигоне предусмотрена система раздельного сбора, отходы сортируются по категориям: пластик, стекло, металл, бумага, органика. Отходы, пригодные для переработки, направляются на дальнейшую обработку, а непригодные – в секции захоронения. Опасные отходы, выявленные в процессе сортировки, изолируются и передаются для специализированной утилизации.

После разгрузки отходов тяжелая техника распределяет их по слоям, утрамбовывая для сокращения объема и предотвращения самовозгорания. В зонах захоронения отходы могут пересыпаться инертными материалами (грунтом, песком) для минимизации воздействия на окружающую среду.

Оператор полигона проверяет участок разгрузки, фиксирует объем и состав отходов в учетной документации. Это необходимо для контроля загруженности полигона, эффективности сортировки и соблюдения санитарно-экологических требований.

На Предприятии № 1 сортировка ТБО происходит следующим образом.

Спецавтотранспорт производит разгрузку на бетонной площадке, возле сортировочной линии (МСК ВторТех-15, производительность 15000 тонн/год). Погрузчик (Фронтальный погрузчик LW 300 F) перемещает в приемный бункер барабанного сепаратора для отделения органики и измельчения отходов, затем отходы поступают в приемок подающего конвейера, расположенного на уровне пола, для обеспечения равномерной подачи отходов. Тип конвейера – цепной, L-образный, угол наклона конвейера – 30°, рабочая ширина ленты конвейера – 900 мм, длина горизонтальной (приемной) части – 5500 мм, лента – толщина 8 мм, резиноканевая с металлическими лопатками. Скорость движения ленты регулируемая – от 0,1 до 0,6 м/с, защита цепи и технологического отделения от попадания мусора. В дальнейшем они передвигаются к сортировке с разделением фракций (стекло, пластик, металл и т.д.).

На сортировочной линии происходит сортировка отходов, с разделением фракций (стекло, пластик, металл и т.д.). Отобранные фракции сбрасываются в накопительные емкости, 17 % остается для размещения на полигоне, 83 % каждая фракция отходов прессуется и передается сторонней организации.

Неотсортированные отходы перемещаются за пределы ангара, с помощью погрузчика отходы перемещаются к траншее для дальнейшего размещения на полигоне.

Содержание полигона ведется в соответствии с санитарными правилами "Санитарно-эпидемиологические требования к сбору, использованию, применению, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления" утвержденные приказом и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 25 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-331/2020. Почвенно-плодородный слой на площадке снимается. По периметру площадка полигона ограждена земляным валом, обводной канавой, что препятствует выносу легких фракций ТБО за пределы территории и подтоплению полигона.

### **3. Уплотнение и послойное размещение**

После разгрузки отходов на полигоне начинается процесс их уплотнения и послойного размещения. Отходы распределяются по заранее подготовленным участкам в соответствии с планом размещения, что помогает эффективно использовать пространство полигона и минимизировать влияние на окружающую среду.

Процесс уплотнения выполняется с использованием специальной техники, такой как бульдозеры и катки. Эти машины равномерно распределяют отходы по слою, тщательно их утрамбовывая, чтобы уменьшить объем и предотвратить возможное образование пустот, что может привести к самовозгоранию или ухудшению санитарных условий.

Каждый слой отходов укладывается с учетом определенной толщины, чтобы обеспечить стабильность и долгосрочную защиту от воздействия внешней среды. Важно, чтобы каждый слой был плотным и равномерно распределенным. Для этого техника регулярно проходит по площадке, равномерно распределяя отходы и создавая стабильные и прочные слои.

По мере того как площадь заполняется, отходы могут быть пересыпаны инертными материалами (например, грунтом или песком). Это необходимо для того, чтобы минимизировать воздействие влаги, уменьшить риск запахов и повысить безопасность захоронения.

Кроме того, такой подход помогает предотвратить загрязнение окружающей среды, сводя к минимуму попадание токсичных веществ в грунтовые воды и снижая вероятность загрязнения атмосферы. Уплотнение отходов и их размещение по слоям также способствует лучшему управлению запахами и минимизации вредных воздействий на экосистему.

Оператор полигона следит за процессом, контролирует качество уплотнения и фиксацию данных о размещении отходов, что позволяет обеспечить эффективное управление полигоном и соблюдение экологических стандартов.

### **4. Инженерная защита полигона**

Инженерная защита полигона ТБО включает комплекс мероприятий и сооружений, направленных на минимизацию воздействия захороненных отходов на окружающую среду и обеспечение безопасности. Она включает в себя системы герметизации, дренажа, газосбора, защиты от эрозии, а также контролируемое отведение фильтрата и газа.

#### *Система герметизации*

Герметизация является основой инженерной защиты полигона, предотвращая проникновение загрязняющих веществ в грунтовые воды. На дно и стены карьера укладываются полиэтиленовые или полипропиленовые мембраны, которые обладают высокой химической устойчивостью. Мембраны служат барьером для фильтратов и предотвращают их проникновение в почву. Обычно их толщина составляет 1,5 – 2 мм. Геотекстиль используется для усиления мембран и их защиты от механических повреждений. Геотекстиль предотвращает проникновение корней растений и защищает мембраны от воздействия острых объектов в отходах. В некоторых случаях применяется многослойная система герметизации, включающая несколько типов геосинтетических материалов (мембраны, геотекстиль и глина), что повышает уровень защиты.

#### *Система дренажа и фильтрации*

Для отведения фильтрата, образующегося при разложении отходов, устанавливаются системы дренажа, которые предотвращают его накопление и перетекание в окружающую среду. На дне полигона укладываются слои дренажных материалов (гравий, песок), которые способствуют отведению жидкости в систему сбора фильтрата. Эти материалы обеспечивают эффективный водоотвод, не позволяя жидкости проникать в грунт. Специальные трубопроводы и резервуары используются для сбора фильтрата, который затем направляется в очистные сооружения для дальнейшей очистки и утилизации. В некоторых случаях для фильтрации используют специализированные мембраны и материалы с высокой сорбционной способностью, что позволяет эффективно очищать фильтрат от вредных веществ.

#### *Газосборные системы*

Процесс разложения отходов на полигоне приводит к образованию метана и других газов, которые могут быть опасными, если не контролировать их концентрацию. Для улавливания газов устанавливаются трубопроводы, встроенные в слои отходов. Эти трубы собирают газ и выводят его в систему утилизации. Метан и другие газы, собранные системой, могут быть сожжены с использованием факельных установок, что предотвращает выбросы в атмосферу и снижает риск возгораний. На полигоне устанавливаются датчики для контроля уровня газа в воздухе. Эти устройства помогают оперативно выявлять возможные утечки или высокую концентрацию газа, предотвращая аварийные ситуации.

#### *Защита от эрозии и поверхностного стока*

Для защиты от эрозии, дождевых потоков и других внешних факторов на полигоне создаются дополнительные защитные структуры. По периметру полигона и на его внутренних участках высаживаются растения и деревья. Это снижает влияние ветра и дождя, помогает поглощать избыточную влагу и улучшает общий микроклимат. В финальной стадии эксплуатации полигон покрывается слоем из грунта или синтетических материалов. Это препятствует попаданию дождевой воды в отходы и снижает образование фильтрата. Устанавливаются канавы и ливневые колодцы для сбора дождевой воды и ее перенаправления в специальные отводящие системы, предотвращая загрязнение соседних территорий.

#### *Мониторинг и обслуживание защитных систем*

Для обеспечения долговечности и эффективности инженерной защиты важно регулярно проводить мониторинг и техническое обслуживание всех систем. Все элементы систем герметизации, дренажа и газосбора регулярно проверяются на наличие повреждений и износа. При необходимости проводятся ремонтные работы или замена компонентов. Осуществляется постоянный контроль за качеством грунтовых вод, фильтрата и воздуха с использованием автоматизированных систем и лабораторных исследований. Проводятся регулярные экологические исследования, включая анализ выбросов газов, загрязнения воды и состояния почвы, что позволяет оперативно реагировать на возможные экологические риски.

#### **5. Экологический мониторинг**

Экологический мониторинг полигона ТБО представляет собой систему регулярных наблюдений, измерений и анализа параметров окружающей среды с целью выявления и предотвращения негативного воздействия отходов на экосистему. Мониторинг охватывает контроль состояния атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод, уровня фильтрата и биогазовых выбросов во время эксплуатации и после рекультивации полигона.

#### *Контроль качества атмосферного воздуха*

На полигоне ведется наблюдение за концентрацией вредных газов, образующихся в процессе разложения отходов, таких как метан, диоксид углерода, сероводород и аммиак. Для этого проводятся отборы проб на границе СЗЗ, позволяющие фиксировать уровень загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в разных точках полигона и на прилегающих территориях. Данные мониторинга используются для оценки эффективности газосборных систем и предотвращения рисков выбросов токсичных соединений.

#### *Мониторинг качества поверхностных и грунтовых вод*

Фильтрат, образующийся на полигоне, может содержать опасные химические соединения, способные проникать в водные горизонты и загрязнять водоемы. Для предотвращения этих процессов проводятся регулярные отборы проб воды из скважин, ливневых стоков и природных водоемов вблизи полигона. Исследования включают

анализ содержания тяжелых металлов, органических соединений, нефтепродуктов и других загрязнителей. Если выявляется превышение допустимых норм, принимаются меры по усилению очистки фильтрата и модернизации дренажных систем.

#### *Контроль почвы и растительности*

Для предотвращения распространения загрязняющих веществ проводится исследование состава почвы на территории полигона и в его окрестностях. Анализируются концентрации токсичных элементов, уровень кислотности и содержание органических соединений. Особое внимание уделяется зонам, прилегающим к полигону, где может происходить накопление загрязнителей в почве и растениях. В случае выявления отклонений разрабатываются мероприятия по рекультивации земель и восстановлению растительного покрова.

#### *Измерение уровня фильтрата*

Регулярный мониторинг объема и состава фильтрата необходим для контроля процессов разложения отходов и работы систем его очистки. Замеряются уровень жидкости в дренажных резервуарах, скорость фильтрации и химический состав стоков. Данные позволяют оценить эффективность работы очистных сооружений и предотвратить возможные утечки загрязняющих веществ.

#### *Биомониторинг и контроль состояния экосистемы*

Дополнительно проводится биомониторинг, включающий наблюдение за изменениями в популяциях животных, птиц и микроорганизмов вблизи полигона. Наличие аномальных отклонений, таких как массовая гибель растений или изменение поведения животных, может свидетельствовать о негативном воздействии отходов на экосистему.

#### *Документирование и анализ данных*

Результаты всех исследований фиксируются в отчетах и используются для оценки эффективности природоохранных мероприятий. Анализируется динамика изменений, разрабатываются рекомендации по снижению экологических рисков. На основании данных мониторинга корректируются меры по защите окружающей среды, включая модернизацию систем очистки и улучшение технологий переработки отходов.

Экологический мониторинг полигона ТБО является важной частью контроля за состоянием окружающей среды и позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы, минимизировать негативное воздействие отходов и обеспечивать соответствие деятельности полигона экологическим нормам и требованиям.

### **6. Рекультивация закрытых карт полигона**

Рекультивация закрытых карт полигона ТБО представляет собой комплекс мероприятий, направленных на восстановление территории после завершения эксплуатации участка захоронения отходов. Основная цель рекультивации – минимизация негативного воздействия полигона на окружающую среду и подготовка земли для дальнейшего безопасного использования. Процесс включает в себя

технический и биологический этапы, обеспечивающие стабилизацию отходов, защиту природных ресурсов и восстановление экосистемы.

#### *Технический этап*

На этом этапе создается защитное покрытие, предотвращающее контакт осадков с отходами и минимизирующее образование фильтрата и выброс биогаза.

Формирование рельефа. Закрытая карта полигона выравняется и уплотняется, обеспечивая равномерное распределение нагрузки и предотвращение провалов.

Гидроизоляция поверхности. Укладываются многослойные покрытия, состоящие из глины, геомембран, геотекстиля и дренажных материалов, препятствующие проникновению воды в толщу отходов.

Система дренажа и газоотведения. Устанавливаются вертикальные и горизонтальные газоотводящие трубы, предотвращающие накопление метана и других газов. Поверхностные дренажные системы отводят дождевые и талые воды, снижая нагрузку на слой изоляции.

Покрытие почвенным слоем. Наносится защитный слой плодородного грунта, создающий основу для последующего озеленения.

#### *Биологический этап*

Этот этап направлен на восстановление растительного покрова и экосистемы, стабилизацию почвы и предотвращение эрозионных процессов.

Озеленение территории. Проводится посев трав и высадка кустарников и деревьев, устойчивых к специфическим условиям полигона.

Укрепление почвы. Применяются гидропосев, агротехнические методы обработки грунта и внесение удобрений для ускорения роста растительности.

Мониторинг состояния земли. В течение нескольких лет после рекультивации осуществляется контроль за изменениями в почве, уровнем загрязнения и устойчивостью растительного слоя.

#### *Адаптация территории под последующее использование*

После успешного завершения рекультивации участок может использоваться для хозяйственных нужд, таких как создание рекреационных зон, зеленых насаждений, парков или лесополос. Промышленное и жилое строительство на территории рекультивированных карт возможно только после длительного экологического мониторинга и подтверждения безопасности почв.

Рекультивация закрытых карт полигона ТБО является неотъемлемой частью экологически безопасной эксплуатации полигонов и позволяет минимизировать их негативное влияние на окружающую среду, предотвращая загрязнение почвы, воды и воздуха.

### **3.4. Процессы на объектах долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности**

Объекты долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности - это специально установленные места для складирования и хранения.

К таким объектам могут относиться:

хвостохранилища – комплекс специальных сооружений и оборудования для хранения или захоронения токсичных и других отвальных хвостов обогащения полезных ископаемых [18];

шламонакопители – предназначены для продолжительного хранения промышленных отходов различного вида.

При проектировании, строительстве, эксплуатации и управлении объектами долгосрочного хранения отходов должны соблюдаться определенные требования. Они включают предотвращение загрязнения почвы, атмосферного воздуха, грунтовых и поверхностных вод, уменьшение эрозии и обеспечение физической стабильности объекта.

Объекты долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности предназначены для безопасного складирования, накопления и изоляции отходов с минимизацией их воздействия на окружающую среду. Такие объекты могут быть расположены как на поверхности, так и в подземных выработках.

Основные элементы конструктивного устройства объектов долгосрочного хранения отходов включают подготовленный основной слой. Перед размещением отходов проводится подготовка территории, которая включает выравнивание поверхности, уплотнение почвы и укладку противодиффузионных экранов, таких как глиняные маты, геомембраны из ПВХ и композитные покрытия для предотвращения проникновения загрязняющих веществ в грунтовые воды. В основании объекта устанавливается сеть дренажных труб, которые собирают фильтрат (жидкость, просачивающуюся через отходы) и направляют его в систему очистки. Эта система позволяет предотвратить загрязнение водоносных слоев и окружающей среды.

Для снижения риска проникновения вредных веществ в почву и подземные водоносные горизонты применяются многослойные гидроизоляционные системы, состоящие из геотекстиля, полимерных мембран и глиняных уплотнителей. Также сооружаются каналы, водоотводные траншеи и противоэрозионные уклоны для отвода поверхностных вод и предотвращения размыва отходов. Для защиты от внешних воздействий и предотвращения распространения отходов под действием ветра или осадков создаются защитные дамбы и укрепления.

Для снижения пылевого загрязнения окружающей атмосферы используется система увлажнения поверхности отходов, посадка растительности по периметру, а также применение пылеподавляющих реагентов. Включение системы мониторинга в эксплуатацию объекта позволяет своевременно выявлять и устранять потенциальные

риски. В эту систему входят контрольные скважины для отбора проб подземных вод, датчики для контроля газа и пыли, а также автоматизированные станции мониторинга стабильности дамб и откосов.

Прием отходов на объекте осуществляется с обязательным документальным контролем, который включает проверку состава и класса опасности отходов перед их поступлением. Все партии отходов регистрируются в системе мониторинга, а также проходят визуальный осмотр и предварительное тестирование для определения химического состава, влажности и других характеристик, которые могут повлиять на безопасность хранения. В процессе приемки отходов определяется их масса и классификация по типам с учетом физических и химических свойств. Это позволяет правильно распределить отходы по различным зонам хранения.

В некоторых случаях отходы подвергаются предварительной обработке для обезвреживания или стабилизации, например, цементированием или инкапсуляцией, перед их закладкой в объект хранения. Регулярный мониторинг является важной частью эксплуатации объекта. Оператор объекта проверяет состояние дамб, откосов и системы дренажа, проводит очистку дренажных труб, контролирует уровень фильтрата и состояния водосборных систем.

Для предотвращения просадок отходов и неконтролируемых выбросов загрязняющих веществ проводят профилактическое уплотнение отходов и укрепление защитных конструкций. Также контролируются уровень загрязнения атмосферного воздуха, почвы и вод в зоне хранения с обязательным ведением экологической отчетности.

После завершения эксплуатации объекта проводится его консервация. Это включает нанесение защитных покрытий, формирование защитного слоя из инертных материалов, восстановление почвенного слоя и посадку растительности для предотвращения эрозии. Постзакрытый мониторинг продолжается на протяжении десятков лет для обеспечения контроля за возможными утечками и деградацией защитных конструкций.

Оператор объекта складирования отходов обязан разработать программу управления отходами, которая включает меры для минимизации образования, восстановления и удаления отходов. Программа должна содержать описание методов переработки и утилизации отходов, включая использование НДТ, меры по предотвращению или снижению образования отходов и их опасности, а также стимуляцию переработки и повторного использования отходов в рамках экологических требований. Также программа учитывает методы безопасного удаления отходов с минимальным влиянием на окружающую среду, включая использование методов проектирования, направленных на предотвращение долгосрочных негативных последствий.

### **3.5. Процессы на объектах долгосрочного хранения отходов энергетических, металлургических и химико-металлургических производств**

Объекты долгосрочного хранения отходов энергетических, металлургических и химико-металлургических производств предназначены для безопасного складирования отходов, образующихся в процессе добычи, переработки, сжигания и других технологических процессов на этих производствах. Такие отходы часто имеют высокую степень опасности и требуют особых мер для их изоляции и управления.

Процесс организации хранения отходов на таких объектах включает несколько ключевых этапов и мероприятий.

#### *Процесс подготовки территории для объектов хранения отходов*

Перед началом эксплуатации объекта долгосрочного хранения отходов проводится обустройство территории, включая очистку от растительности, выемку и вывоз лишнего грунта, выравнивание поверхности. Важным этапом является укладка системы гидроизоляции, которая защищает окружающую среду от возможного проникновения загрязняющих веществ в грунтовые и поверхностные воды. Для этого часто используют многослойные гидроизоляционные покрытия из геосинтетических материалов (геомембраны, геотекстиль), а также глиняные или песчаные слои.

Затем на объекте устанавливают систему дренажа для сбора фильтрата - жидкости, которая просачивается через слой отходов. Эти системы включают дренажные каналы и трубы, которые проводят фильтрат в специальный резервуар для его очистки. Важно, чтобы все дренажные системы были тщательно спроектированы с учетом особенностей местности и типа отходов, так как фильтрат может содержать токсичные вещества, такие как тяжелые металлы, кислоты, щелочи и другие химические компоненты.

#### *Специфика хранения отходов энергетических, металлургических и химико-металлургических производств*

Энергетические отходы, такие как зола и золошлаки, часто содержат токсичные вещества, включая металлы (например, кадмий, свинец), которые могут загрязнять почву и водоемы. Эти отходы требуют особо внимательного подхода к их складированию. Зола обычно складировается в специально отведенных местах, таких как золошлаковые пруды или банки, которые должны быть оборудованы надежной системой герметизации и фильтрации.

Металлургические отходы, включая шламы, хвосты, шлаки и пыль, образующиеся в процессе выплавки металлов, представляют собой высокотоксичные вещества, содержащие тяжелые металлы (например, ртуть, цинк, медь, никель) и различные химические соединения. Эти отходы часто имеют высокую температуру при поступлении на объект хранения, что требует установки системы охлаждения и тщательной изоляции от атмосферы и водоемов. Важным моментом является контроль за химической активностью отходов, так как они могут продолжать выделять токсичные вещества в процессе хранения.

Химико-металлургические отходы могут включать продукты химических процессов, такие как кислотные и щелочные осадки, растворы с химическими загрязнителями, органические и неорганические соединения. Эти отходы могут быть высококоррозионными и их хранение требует дополнительных мер безопасности, таких как укладка в специальные емкости или сооружение защитных дамб, препятствующих проникновению загрязняющих веществ в грунтовые и поверхностные воды.

#### *Процесс приема и складирования отходов*

На объектах долгосрочного хранения отходов предусмотрены тщательно организованные процессы приема отходов. Прежде чем отходы поступят на хранение, их проверяют на соответствие экологическим стандартам, включая определение химического состава и степени опасности. Каждая партия отходов должна быть задокументирована, и для нее разрабатывается индивидуальный план складирования, который включает место, где будут размещены отходы, а также специальные меры для их безопасного хранения.

Отходы обычно помещаются в специально подготовленные зоны, которые могут быть разделены по типам отходов. Важно, чтобы такие зоны имели хорошую вентиляцию и систему контроля за выделяющимися газами. При этом, отходы не могут быть смешаны с другими видами отходов, если это может привести к химическим реакциям или повышению степени опасности.

#### *Технические меры по изоляции и безопасности*

Для предотвращения загрязнения окружающей среды объекты долгосрочного хранения отходов оснащены многоуровневыми системами защиты, которые включают в себя:

- 1) гидроизоляционные барьеры — многослойные покрытия из геосинтетических материалов, которые предотвращают попадание токсичных веществ в грунтовые воды;
- 2) системы мониторинга – датчики, которые отслеживают уровень загрязнения воздуха, воды и почвы, а также контролируют стабильность объектов складирования (например, дамб и стен);
- 3) очистку фильтрата – установка очистных сооружений для фильтрации загрязненной воды и фильтрата, чтобы обеспечить их безопасный сброс в водоемы или повторное использование;
- 4) управление газами – системы вентиляции и контроля за выбросами токсичных газов, таких как сернистый газ, аммиак, и другие, которые могут выделяться при долгосрочном хранении отходов;
- 5) укрепление защитных конструкций – укрепление дамб, валов и стен для предотвращения их разрушения, эрозии и проникновения отходов в окружающую среду.

#### *Постэксплуатационный мониторинг*

После закрытия объекта складирования отходов продолжается его мониторинг на протяжении десятков лет. В это время осуществляется контроль за состоянием защитных конструкций, стабильностью грунтов и отсутствием загрязнения почвы и водоемов. Также проверяется эффективность очистных систем для фильтрата и сброса загрязненной воды.

Мониторинг включает регулярные проверки всех систем, включая дренаж, вентиляцию и газоотведение, а также отбор проб воды и почвы для анализа на наличие загрязняющих веществ. В случае выявления нестабильности или загрязнений, принимаются меры для коррекции ситуации, такие как укрепление конструкций или дополнительная очистка воды.

#### Ликвидация объекта складирования отходов

После завершения срока эксплуатации объекта складирования отходов осуществляется его закрытие. Этот процесс включает консервацию и рекультивацию земель, восстановление почвенного слоя и восстановление экосистемы. Закрытие объекта осуществляется в соответствии с проектной документацией, которая должна учитывать безопасность для людей и окружающей среды в долгосрочной перспективе.

### **3.6. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду на объектах захоронения отходов**

#### **Предприятие № 1**

В период эксплуатации объекта источниками загрязнения будут являться отходы, размещаемые на полигоне ТБО, угольная котельная со складом угля, площадка золошлаковых отходов, отвал ПСП (плодородный слой почвы), склад грунта для изоляции ТБО, стоянки техники, которые оказывают негативное воздействие на воздушный бассейн. Все производственные объекты участка располагаются в единой СЗЗ.

Площадка расположения объекта находится вне зоны разработки полезных ископаемых и в сейсмобезопасном районе, поэтому исключены опасные явления экзогенного характера типа селей, наводнений, оползней и т.д. Рельеф местности также исключает экологические риски от ливневых стоков, предусмотрена обводная канава.

Здания и сооружения предусмотрены одноэтажные бетонной конструкции, поэтому разрушения строений от ветровой нагрузки исключены. С целью предотвращения разноса мусора при высоких скоростях ветра имеются ограждения рабочих площадок.

Автомобильные проезды по территории позволяют нормальное обслуживание в случае возникновения экологических рисков. Для заливки очагов горения ТБО предусмотрены огнетушители и подземные резервуары технической воды. Дезинфицирующий барьер будет препятствовать разносу за территорию болезнетворных бактерий. Для дополнительной защиты грунтовых вод планируется устройство гидроизоляционного экрана в рабочих траншеях.

На данном предприятии не будут применяться опасные технологии, использоваться токсичные и взрывоопасные вещества. Разработаны и соблюдаются правила техники

безопасности. Персонал будет проходить соответствующее обучение и распределена ответственность за безопасность предприятия.

Основной опасностью на данном предприятии являются образование очагов горения и раздувание мусора по прилегающей местности.

На случай создания таких ситуаций на предприятии разработан протокол действий в нештатных ситуациях.

### **Предприятие № 2**

Основным видом деятельности Предприятия № 2 является прием и размещение ТБО, прошедших сортировку и переработку, отходов, не подлежащих сортировке и переработке, а также прием и размещение неопасных производственных отходов, золошлаковых отходов.

Обращение с отходами осуществляется согласно программе управления отходами (ПУО), нормативов для объекта вторая ячейка нового полигона ТБО и данных паспортов опасных отходов.

#### *Эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух*

На основании моделирования расчета рассеивания загрязняющих веществ, отходящих от источников выбросов объекта в период нормирования, было выявлено отсутствие превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) на границе СЗЗ без учета фона (1 000 м).

#### *Загрязнение почвы и грунтовых вод*

Негативного воздействия на поверхностные воды не ожидается. Источники сбросов сточных вод отсутствуют.

В соответствии с технологическим процессом приняты профилактические меры: герметизация дна ячеек и устройство дренажных каналов фильтра для очистки и последующего повторного использования, мониторинг состояния почвы и грунтовых вод.

#### *Физические факторы воздействия. Шум*

Предприятие декларирует уровень шума согласно аттестации рабочих мест. Уровень шума соответствует технической характеристике оборудования.

#### *Физические факторы воздействия. Вибрация*

Предприятие декларирует уровни вибрации в соответствии с аттестацией рабочих мест.

#### *Эмиссии электромагнитного излучения*

Предприятие № 2 декларирует уровни электромагнитного излучения в соответствии с аттестацией рабочих мест.

Согласно решению по определению категории объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, объект относится к I категории.

СЗЗ предприятия устанавливается согласно санитарным правилам "Санитарно-эпидемиологические требования к санитарно-защитным зонам объектов,

являющихся объектами воздействия на среду обитания и здоровье человека" (утверждены приказом и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 11 января 2022 года № ҚР ДСМ-2), составляет не менее 1000 м (раздел 11, п. 45, пп. 10 – полигоны по размещению). Таким образом, объект относится к I классу опасности по санитарной классификации.

Для расчета величин выбросов подсчитывается количество активных отходов, стабильно генерирующих биогаз, с учетом того, что период стабилизированного активного выхода биогаза в среднем составляет двадцать лет и что фаза анаэробного стабильного разложения органической составляющей отходов наступает спустя в среднем два года после захоронения отходов, т.е. отходы, завезенные в последние два года, не входят в число активных. Из чего следует, что отходы, завезенные в 2019, 2020 годах, не входят в число активных и не выделяют ЗВ. Активная фаза отходов, стабильно генерирующих биогаз, наступила с 2021 года.

### **Цветная металлургия**

#### **Предприятие № 3**

Предприятие № 3 осуществляет складирование техногенных минеральных образований в хвостохранилище и в отвал легкой фракции с возможностью последующего изъятия и использования для нужд горно-обогатительных комплексов предприятия.

Складирование и размещение техногенных минеральных образований, отходов осуществляется на промплощадке 11784 м<sup>2</sup>.

Сливы свинцового и медного сгустителей проходят очистку на гидрометаллургической установке и также поступают в хвостохранилище как хвосты обогащения.

За период эксплуатации наращивание хвостохранилища производилось отсыпкой вторичных дамб обвалования на намытый пляж. Вторичные дамбы до отметки 450 м выполнялись из намытых хвостов пляжной зоны, после отметки 450 м – из скального грунта, представленного легкой фракцией ОФ и горной породой рудника с экраном из суглинистого грунта.

Условия образования хвостохранилища – пульпонамыв. Транспортирование хвостов осуществляется по трассе пульповодов из главного корпуса до пульпонасосной станции, расположенной у хвостохранилища. Пульповоды выполнены из стальных труб в две нитки (из них одна – рабочая) с перепадными колодцами. Пульпа транспортируется в зумпфы пульпонасосной станции в самотечном режиме с образованием напорного участка на длине 2 км перед зумпфами. Водоотведение осветленной воды из хвостохранилища осуществляется через водоприемный колодец ВК-3 (шандорного типа) по водосборному коллектору в пруд-окислитель.

Пруд-окислитель образован ограждающей водоудерживающей дамбой, выполненной из суглинка с креплением откосов камнем, и имеет три секции, отгороженные друг от друга разделительными дамбами. Осветленная вода направляется на обогатительную фабрику Предприятия № 3 в технологический процесс.

Отвал для складирования легкой фракции расположен на участке бывшего отвала горных пород карьера, отработка которого была закончена в 1982 году по проекту вскрытия и отработки месторождения. К конструктивным особенностям отвала относится расположение его на подготовленной площадке с основанием из суглинка.

Хвостохранилище (ист. 6017), пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния, максимально 87,79992 т/год – минимально 37,738516 т/год.

#### **Предприятие № 4**

При производстве медного концентрата при переработке сульфидных руд на обогатительной фабрике образуются отвальные хвосты, которые являются хвостами контрольной коллективной флотации, которые складываются в хвостохранилище. Для снижения объемов хвостовой пульпы предусмотрено сгущение хвостов в высокопроизводительных сгустителях. Добавление флокулянта позволяет достичь содержания твердого в пульпе 68 %, в результате снижается расход хвостовой пульпы, направляемый на хвостохранилище. Хвосты флотации являются техногенными минеральными образованиями, в дальнейшем возможна их переработка. Принятые проектные решения обеспечивают безопасное хранение хвостов флотации в хвостохранилище.

Хвосты хранятся в ряде низких конических отвалов со слегка вогнутым склоном. Средний уклон в 1,77 % основан на принятом расчетном значении для нижнего слива сгустителя (концентрация твердых частиц сброса хвостов) в 68 % твердых частиц из сгустителя высокого давления.

Хвосты отвальные сгущенные образуются после коллективной флотации сульфидной руды, извлечения меди и молибдена в концентрат. Хвосты отвальные сгущенные направляются посредством пульпопровода на хвостохранилище для складирования в качестве техногенных минеральных образований. Отвальными хвостами являются хвосты контрольной коллективной флотации. Из-за плоской местности на участке Актогай используется метод центрального сброса сгущенных хвостов. Хранение хвостов – конусообразными штабелями небольшой высоты 10 – 15 метров со слегка вогнутым уклоном. Укладка хвостов начата из центрального конуса, с последующим продлением отвала центрального сброса сгущенных хвостов на востоке и западе. Система сброса в хвостохранилище включает бак радиального распределения с 15 выходами и вторичная система распределения для получения 30 контролируемых радиальных патрубков в хвостохранилище.

#### **Предприятие № 5**

Технологический процесс. Сгущение хвостов при производстве медного концентрата при переработке каолинизированных руд.

Хвосты контрольной и перечистой контрольной флотации являются отвальными хвостами, которые самотеком направляются в пульпонасосную и далее насосами перекачиваются в сгустители хвостов. Сгущенные хвосты перекачиваются на хвостохранилище. Сливы хвостовых сгустителей в качестве оборотной воды подаются обратно на обогатительную фабрику. Готовой продукцией обогатительной фабрики по переработки медно-молибденовой руды являются медный и молибденовый концентрат.

### **Предприятие № 6**

Катодную медь отправляют на переплавку в МПЦ, а обезмеженный раствор откачивают на нейтрализацию, далее в хвостохранилище БОФ, где газовые потоки обрабатываются в системе мокрой очистки. В промывочных башнях в газы противотоком подается слабая серная кислота, в результате чего удаляется основная часть оставшегося количества пыли. Промывная кислота откачивается через нейтрализацию в хвостохранилище БОФ.

### **Предприятие № 7**

При эксплуатации обогатительных фабрик образуются хвосты отвальные сгущенные, образующиеся после коллективной флотации руды, извлечения меди в концентрат. Хвосты отвальные сгущенные направляются посредством пульпопровода на хвостохранилище для складирования в качестве техногенных минеральных образований.

Хвостохранилище является намывным гидротехническим сооружением равнинного типа. В состав технологических систем хвостового хозяйства входят: системы сгущения и гидротранспорта хвостов, система оборотного водоснабжения, система складирования хвостов, система перехвата фильтрационных вод, система КИА. Площадь хвостохранилища разделена на два отсека: Южный и Северный. Отсеки разделены отсечной дамбой от СВ-7 левого борта хвостохранилища до защитной дамбы водоприемного колодца ВК- 1.

Для сбора просыпей и проливов фабрика оборудована системой канав и приямков с дренажными насосами.

По технологии используются такие реагенты, как АЕРО 9863, метилизобутилкарбинол (МИБК), флокулянт "Флопам", ксантогенат калия бутилового и гашеная известь.

Для мониторинга уровня грунтовых вод в хвостохранилищах предусмотрена сеть мониторинговых скважин. Имеются наблюдательные скважины для осуществления контроля подземных вод по периметру хвостохранилища на границе СЗЗ в количестве 4 штук (одна из них фоновая) и 6 скважин на границе СЗЗ обогатительных фабрик.

### **Предприятие № 8**

Отходы и шламы цветной металлургии (гидрометаллургии) хранятся в хвостохранилище.

Комплекс хвостохранилища состоит из основных объектов: двухсекционный шламонакопитель, водосборные сооружения; насосная станция осветленных вод; сбросной трубопровод; пруд-испаритель.

Одной из функций системы оборотного водоснабжения является гидротранспорт хвостов обогащения в комплекс хвостохранилища. Складирование твердой фазы отвальных хвостов и очистка жидкой фазы от остатков флотационных реагентов и механических взвесей предусматривается в 2-х секциях шламонакопителя. Для перекачки пульпы от обогатительной фабрики на хвостохранилище имеется насосная станция. Насосная станция подачи пульпы от ОФ на хвостохранилище оборудована насосами ПБ 160/40. Производительность насоса 160,0 м<sup>3</sup>/час. Для сбора сточной воды от переделов фабрики в насосной станции предусмотрен зумпф объемом 50,0 м<sup>3</sup>.

Противофильтрационный экран шламонакопителя выполнен из полиэтиленовой пленки толщиной 1,0 мм на подстилающем слое из глины. В состав сооружений шламонакопителя входят оградительные дамбы со съездами, распределительные пульпопроводы с сооружениями на них. Заполнение шламонакопителя пульпой осуществляется через распределительные выпуски, оборудованные шланговыми задвижками.

При работе оборотной системы водоснабжения осветленная жидкая фаза из шламонакопителя возвращается на обогатительную фабрику для использования в качестве оборотной воды. Отвод излишков осветленной воды в пруд-испаритель предусматривается сбросным трубопроводом. Для сброса и отвода излишков осветленной воды за пределы шламонакопителя предусмотрено водосбросное сооружение, подающее осветленную воду в насосную станцию осветленной воды.

Пруд-испаритель предназначен для приема осветленной воды из шламонакопителя с целью испарения. Пруд-испаритель расположен в естественном понижении – тальвеге путем ограничения его ограждающими дамбами с верховой и низовой стороны.

Основную массу оставляют техногенные минеральные образования - хвосты обогащения флюоритовой руды месторождения, которые размещаются на хвостохранилище предприятия.

Шлам плавиковой кислоты нейтрализуется и складировается в карте хвостохранилища либо используется для производства гранулированного гипса.

## **Черная металлургия**

### **Предприятие № 9**

*Золошламонакопитель* относится к накопителям с фильтрующим основанием с ограниченной мощностью и с контурным противофильтрационным экраном.

Секция №1. Площадь секции № 1 – 57,4 га, проектная мощность секции №1 ЗШН-3 - 2,714 млн. м<sup>3</sup> при максимальной отметке заполнения 128,5 м. Секция введена в эксплуатацию в 2008 году. Секция № 1 предназначена для размещения отходов "шламов газоочисток" и "золошаков". Защитные инженерные сооружения: 1-ый контур – оградящая дамба с центральным ядром, сопряженным с диафрагмой из глины в основании; 2-ой контур – завеса по типу "стена в грунте" по внешнему периметру.

Секция № 2. На секции № 2 предусмотрено размещение отходов "шламов газоочисток". Секция № 2 примыкает к секции № 1 и располагается в пределах отведенной под строительство ЗШН-3 территории.

Противофильтрационная защита – двухконтурная, разделена дренажной прослойкой. Оградящая дамба выполняется с центральным ядром и противофильтрационной диафрагмой из глины по типу "стена в грунте". Для создания эффективной противофильтрационной защиты предусматривается сопряжение 1-го контура защиты секции № 2 с существующим контуром секции № 1. Проектная емкость секции №2 ЗШН-3 при максимальной отметке заполнения 128,5 м площади зеркала воды 43,554 га составит 3 389,2 тыс.м<sup>3</sup>.

Всего за весь период существования на предприятии накоплено отходов в следующем объеме (по максимальным и минимальным показателям):

золошлак: максимально – 2 042 930,383 тонн, минимально – 1 819 935,7224 тонн;

аспирационная пыль: максимально – 709 938,953 тонн, минимально – 709 938,953 тонн;

шлаки: максимально – 6 600 тыс. тонн;

шламы, не определяемые иначе: – максимально – 2 381 421,61 тонн, минимально – 1 393 669,1754 тонн.

### **3.7. Энергоэффективность**

В процессе захоронения отходов важным аспектом является энергоэффективность, которая позволяет снизить затраты и уменьшить воздействие на окружающую среду. Для повышения энергоэффективности следует обратить внимание на внедрение современного оборудования, включая дробилки, насосы и уплотнители. Эти устройства не только улучшают обработку отходов, но и позволяют снизить потребление энергии без потерь производительности, что особенно важно в условиях роста тарифов на электроэнергию и топливо.

Одним из наиболее перспективных решений по повышению энергоэффективности является использование возобновляемых источников энергии, в частности биогаза, образующегося на полигонах. Его переработка в специальных установках требует ограничений от традиционных энергоносителей, таких как дизельное топливо и электричество. Кроме того, применение когенерационных установок для одновременного производства тепла и электроэнергии позволяет значительно повысить

общий коэффициент полезного действия, делающий процесс утилизации отходов более экономичным и экологически эффективным.

Не менее обязательным условием энергозатрат на полигонах является транспортировка отходов. Существенная часть топлива расходуется при их перевозке, поэтому меры по модернизации в сторону более экологичных и экономичных моделей могут снизить потребление топлива и уменьшить выбросы вредных веществ. Оптимизация логистики и маршрутов перевозок также играет ключевую роль в сокращении издержек и уменьшении негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время удельные показатели расхода энергии на захоронение отходов не учитываются в государственных источниках, включая Государственный энергетический реестр. Удельные показатели расхода энергии на захоронение отходов могут сильно различаться в зависимости от многих факторов (тип отходов, технология захоронения, регион, логистика и т.д.).

Однако, для оценки энергоэффективности захоронения отходов приведен усредненный расчетный метод, который включает в себя определение количества энергии, затраченной на все технологические процессы, отнесенной к массе отходов. К совокупному энергопотреблению относится энергия на: транспортировку отходов на полигон, уплотнение отходов, работу дренажных фильтров, сбор и утилизацию свалочного газа, обслуживание полигона (освещение, система мониторинга, охрана и прочее).

Учитывая вышеизложенное, также основываясь на обобщенных данных отчетов КТА, докладов Всемирного банка и исследований компании Mordor intelligence ниже представлена усредненная сводная таблица удельного расхода энергии на захоронение отходов. Удельные показатели могут сильно различаться в зависимости от конкретных условий, типа установки, условий захоронения, характеристик используемых отходов и применяемых технологий. Поэтому приведенные в таблице цифры носят ориентировочный характер.

Таблица 3.4. Информация по этапам процесса полигона

№ п/п	Этап процесса	Обычный полигон	Полигон с газосбором	Полигон с системой утилизации газа
1	Транспортировка отходов (разгрузка, перемещение)	0,5–2	0,5–2	0,5–2
2	Уплотнение отходов (работа катков, бульдозеров)	0,5–1,5	0,5–2	1–3
3	Дренаж фильтра (насосы, очистка)	0–0,5	0,5–1,5	1–3
4	Сбор и утилизация свалочного газа	0	2–4	3–5

	компрессоры, факелы)			
5	Обслуживание полигона (освещение, мониторинг, охрана)	0,1–0,5	0,5–1	1–2
6	ИТОГО, кВт*час/тонна	1–5	5–10	10–15

Полигоны ТБО без учета сброса газа с минимальной инфраструктурой потребляют порядка 1 – 5 кВт·час/тонну, полигоны с системой сбора фильтра и свалочного газа в среднем потребляют 5 – 10 кВт·час/тонну, а полигоны с системой утилизации газа и полной передачей энергии: 10 – 15 кВт·час/тонну. Конкретный удельный расход энергии на захоронение отходов может варьироваться в зависимости от многих факторов (тип отходов, технология захоронения, регион, логистика и т.д.).

При использовании удельных показателей, приведенных в таблице, необходимо отметить, что они носят справочный характер. Для проектирования и эксплуатации объектов по захоронению отходов необходимо проводить индивидуальные исследования и расчеты. При сравнении различных методов захоронения важно учитывать не только удельные показатели, но и другие факторы, такие как экологическая безопасность, экономическая целесообразность и т.д.

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

В данном разделе описываются общие методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Основополагающими этапами определения методов, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду, рассматриваемых в данном разделе, являются:

- определение ключевых экологических проблем;
- изучение методов, наиболее подходящих для решения этих ключевых проблем;
- выбор наилучших доступных имеющихся методов.

При определении НДТ необходимо применять общий подход к пониманию производственного процесса. Следует отметить, что многие методы прямо или косвенно затрагивают несколько экологических аспектов (выбросы, сбросы, образование отходов, загрязнение земель, энергоэффективность).

Методы могут быть представлены по отдельности или в комбинации для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в отраслях, входящих в сферу действия данного документа.

Многие из техник и отдельных этапов производственных процессов являются общими, поэтому они описываются вместе. Общие этапы:

- системы управления;
- управление энергией;
- мониторинг;
- управление отходами.

Захоронение отходов может осуществляться различными способами, процесс захоронения сопровождается эмиссией в окружающую среду различных веществ, оказывающих негативное влияние на окружающую среду.

В данном разделе приведены техники, применение которых возможно при захоронении отходов.

#### **4.1. НДТ организационно-управленческого и организационно-технического характера**

##### **4.1.1. Внедрение системы экологического менеджмента**

###### **Описание**

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

###### **Техническое описание**

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 среды. 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 может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. Нестандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

Стандартизированные и нестандартизированные 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:

1) заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

2) 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 ;

3) экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

4) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

5) 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;

6) обеспечение соблюдения экологического законодательства Республики Казахстан;

7) 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 проверки того, надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;

8) обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

9) подготовку регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;

10) валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

11) следование за развитием более чистых технологий;

12) рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;

13) применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);

14) систему управления отходами;

15) 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;

16) инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

### **Достигнутые экологические выгоды**

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.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Все значительные входные потоки (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.

При существующем положении предприятие имеет эффективную систему управления природоохранной деятельностью, которая направлена на разрешение экологических проблем, в процессе которых принимают участие все сотрудники: от управляющего до рабочего. Налаженная система управления позволяет снизить эмиссии в атмосферу, в природные водоемы и предотвращает загрязнения почв за счет повышения:

дисциплины технологии;

использование современных технологий;

внедрения технического перевооружения.

### **Кросс-медиа эффекты**

Методы экологического менеджмента проектируются таким образом, чтобы минимизировать воздействие установки на окружающую среду в целом.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам.

Охват (например, уровень детализации) и формы СЭМ (как стандартизованной, так и нестандартизованной) должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню воздействия на окружающую среду.

### **Экономика**

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей СЭМ на должном уровне является индивидуальным в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

СЭМ может обеспечить ряд преимуществ:

улучшение экологических показателей предприятия;

улучшение основы для принятия решений;

улучшение понимания экологических аспектов компании;

улучшение мотивации персонала;

дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшение качества продукции;

улучшение экологической результативности;

снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и т.д.

## **4.1.2. Внедрение системы энергетического менеджмента**

### **Описание**

Внедрение системы энергетического менеджмента (СЭнМ) на объектах захоронения отходов направлено на систематическое управление энергопотреблением с целью повышения энергоэффективности, снижения затрат и уменьшения воздействия на окружающую среду. Применение стандартов, таких как ISO 50001, позволяет интегрировать управление энергоресурсами в общую стратегию предприятия, оптимизировать потребление электрической и тепловой энергии на всех стадиях эксплуатации полигонов: от освещения и вентиляции до систем сбора и утилизации свалочного газа.

### **Техническое описание**

СЭнМ включает аудит и мониторинг энергопотребления, постановку целей и задач в области энергосбережения, разработку мероприятий по повышению энергоэффективности, а также обучение персонала и постоянное совершенствование процессов. Внедрение сопровождается установкой измерительных приборов, автоматизированных систем учета и программного обеспечения для анализа данных.

Часто система комбинируется с другими НДТ, такими как рекуперация свалочного газа, энергоэффективное освещение и электроприводы с регулируемой частотой.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение потребления электроэнергии и топлива приводит к уменьшению выбросов парниковых газов, в том числе CO<sub>2</sub>. Кроме того, содействует оптимизированию работы компрессоров, насосов и других энергопотребляющих установок, позволяет снизить эксплуатационное воздействие на окружающую среду.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Внедрение системы энергетического менеджмента может обеспечить:

сокращение потребления электроэнергии на 10 – 20 %;

снижение удельных выбросов CO<sub>2</sub> на 5 – 15 %;

улучшение управляемости энергопотребления за счет автоматизации и анализа;

повышение энергоэффективности инфраструктуры полигонов.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергопотребления опосредованно снижает нагрузку на генерирующие установки, сокращает объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, снижает расход топлива и смазочных материалов. Также уменьшается количество технических сточных вод, образующихся при эксплуатации энергосистем. Кросс-медиа эффект оценивается как положительный.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

СЭнМ может быть внедрена на действующих и проектируемых объектах захоронения отходов, в том числе на полигонах ТБО и промышленных отходов. Не требует значительных изменений технологических процессов, но требует вовлеченности управленческого персонала и соответствующей квалификации специалистов. Наилучшие результаты достигаются при наличии автоматизированных систем учета и комплексного подхода к энергетическому аудиту.

В США, на полигоне Tesson Road Landfill в Техасе реализован комплекс энергоменеджмента с цифровым контролем, что позволило сократить энергопотребление на 15 % и повысить прозрачность эксплуатационных процессов.

### **Экономика**

Инвестиции во внедрение СЭнМ окупаются в течение 1 – 3 лет за счет экономии на энергоресурсах и снижении эксплуатационных затрат. Дополнительным экономическим эффектом может быть снижение экологических платежей и штрафов, повышение конкурентоспособности предприятия и привлечение "зеленых" инвестиций.

### **Движущая сила внедрения**

Основными факторами являются рост тарифов на электроэнергию и топливо, требования по сокращению выбросов парниковых газов, внедрение стандартов ESG и стремление к устойчивому развитию.

## **4.2. Управление технологическим процессом**

## **Описание**

Управление технологическим процессом на объектах захоронения отходов представляет собой совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение стабильной и контролируемой работы полигона, снижение негативного воздействия на окружающую среду и соблюдение экологических требований без необходимости капитальной реконструкции объекта. Рациональное управление включает в себя четкое планирование, ведение учета, контроль за эксплуатацией, а также принятие предупредительных мер, способствующих предотвращению загрязнений воздуха, воды и почвы.

### **Техническое описание**

Ключевыми элементами управления технологическим процессом на полигоне являются:

- разработка и соблюдение регламентов приема, размещения и уплотнения отходов, включая ограничение по типам и свойствам принимаемых отходов;

- поэтапное заполнение карт полигона с обеспечением последовательного уплотнения и покрытия отходов инертными материалами, что предотвращает распространение запахов, образование фильтрата и выбросы газа;

- обеспечение санитарного порядка на территории полигона, включая очистку проездов, техническое обслуживание дренажных и дегазационных систем;

- ведение оперативного учета поступающих объемов отходов с фиксацией на въездных контрольных пунктах, включая взвешивание, визуальный контроль и, при необходимости, лабораторный анализ;

- регулярное обучение и инструктаж персонала по вопросам охраны окружающей среды, производственной безопасности и санитарных требований.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Системное управление технологическим процессом обеспечивает:

- снижение объемов образования и утечек свалочного газа и фильтрата за счет правильной укладки и укрытия отходов;

- минимизацию риска загрязнения почвы и водных объектов, в том числе за счет исключения приема опасных и неразрешенных к захоронению отходов;

- снижение пылевой и запаховой нагрузки на прилегающие территории;

- уменьшение вероятности аварийных ситуаций, в том числе самовозгораний или проседания тела полигона;

- повышение уровня промышленной и экологической безопасности объекта в целом.

### **Кросс-медиа эффекты**

Эффективное управление процессами может оказывать воздействие на различные компоненты окружающей среды.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

Организация эффективного управления технологическим процессом требует минимальных затрат, связанных в основном с разработкой внутренних регламентов, оплатой труда квалифицированного персонала, приобретением базового оборудования для учета и мониторинга, а также расходов на покрывающие материалы. Внедрение таких методов позволяет снизить операционные риски, избежать штрафов за экологические нарушения и минимизировать потенциальные расходы на ликвидацию последствий негативного воздействия. Рациональное управление также способствует продлению срока службы полигона и оптимизации его пропускной способности.

### **Движущая сила внедрения**

Обеспечение надежности функционирования объекта. Требование экологического законодательства РК.

## **4.3. Управление эмиссиями в окружающую среду**

### **Описание**

Захоронение отходов сопровождается образованием различных видов эмиссий, оказывающих негативное воздействие на компоненты окружающей среды, включая атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, а также почвенно-растительный покров. Основные источники эмиссий - свалочный газ, фильтрат, пыль и загрязненные поверхностные стоки. Управление эмиссиями в данном контексте представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на предотвращение, снижение и контроль загрязнения, осуществляемых в рамках существующей технологической схемы без необходимости капитальной реконструкции объекта.

### **Техническое описание**

Методы управления эмиссиями включают следующие ключевые направления:

- контроль образования и выброса свалочного газа посредством надлежащего уплотнения отходов, регулярного нанесения инертных покрытий, а также организации пассивной или активной дегазации;

- минимизация образования фильтрата за счет эффективной системы водоотведения, в том числе устройства уклонов, дренажных слоев, перехватывающих канав и защитных покрытий, препятствующих инфильтрации осадков;

- предотвращение распространения загрязненного фильтрата посредством его сбора, временного хранения в герметичных емкостях и последующей передачи на очистку;

- реализация системы мониторинга состояния атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, включая регулярный отбор проб, лабораторный анализ и оперативный контроль за соблюдением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ;

внедрение эксплуатационного контроля за соблюдением технологических регламентов обращения с отходами, включая последовательность укладки, покрытие, транспортировку и учет погодных условий.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Комплексное применение указанных мероприятий обеспечивает:

снижение объемов выброса метана и других компонентов свалочного газа, тем самым уменьшая климатические риски и повышая уровень промышленной и экологической безопасности;

предотвращение загрязнения водных объектов и почв фильтратом, а также сокращение риска попадания загрязняющих веществ в подземные горизонты;

повышение общего уровня санитарного состояния территории полигона и прилегающих зон;

формирование условий для эффективного последующего этапа - рекультивации территории и возвращения еҰ в хозяйственный оборот.

### **Кросс-медиа эффекты**

Мероприятия по управлению эмиссиями могут вызывать сопутствующее воздействие на другие компоненты окружающей среды. В частности, организация сбора и транспортировки фильтрата требует определенных энергетических ресурсов, а использование инертных материалов для изоляции отходов может сопровождаться дополнительной нагрузкой на земельные ресурсы. Тем не менее, при корректной инженерной реализации данные эффекты являются контролируемыми и незначительными по сравнению с достигнутыми экологическими преимуществами.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Представленные меры являются универсальными и могут быть применены на большинстве действующих и закрывающихся полигонов без необходимости значительных изменений в инфраструктуре объекта. Они особенно эффективны на объектах, находящихся в стадии эксплуатации либо подготовке к закрытию, где возможна организация систематического контроля и технического обслуживания. Для полигонов, не соответствующих современным требованиям, возможна адаптация методов в рамках мероприятий по минимизации воздействия в постэксплуатационный период.

### **Экономика**

Реализация мероприятий по управлению эмиссиями требует умеренных финансовых вложений, преимущественно связанных с организацией контроля, приобретением и эксплуатацией дренажных и укрывных материалов, обслуживанием дегазационных и водоотводных систем, а также проведением мониторинга. При этом данные затраты рассматриваются как инвестиции в снижение вероятности аварийных ситуаций, предотвращение штрафных санкций, а также в обеспечение соблюдения условий разрешительной документации. В долгосрочной перспективе внедрение таких

методов позволяет снизить совокупные расходы, связанные с устранением последствий загрязнения и рекультивацией.

### **Движущая сила внедрения**

Снижение эмиссий в окружающую среду. Требование экологического законодательства РК.

## **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 Республики Казахстан. Использование международных стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами Республики Казахстан.

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, количества 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.

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.

Полигон отходов представляет собой неорганизованный источник, однако непрерывный и периодический мониторинг на полигонах возможно реализовать, с учетом особенностей таких объектов.

АСМ устанавливается на отдельных организованных точках - в местах активного сбора свалочного газа, на факельных установках, газогенераторах или при сжигании биогаза. В таких случаях можно организовать непрерывный мониторинг метана, СО, окислов азота, сероводорода и других компонентов.

Для неорганизованных источников АСМ может быть размещена по периметру полигона, в виде метеостанций или стационарных датчиков, измеряющих концентрации загрязняющих веществ в приземном слое воздуха. Это позволяет отслеживать изменения в концентрациях и оценивать распространение выбросов в окружающую среду. Такие станции могут быть интегрированы в систему АСМ с передачей данных в режиме реального времени.

Периодические измерения на полигонах применяются для определения концентраций загрязняющих веществ в грунтовых водах, сточных водах и почве.

Отбор проб можно проводить в установленные интервалы в зависимости от программы мониторинга и регуляторных требований.

Полигоны захоронения отходов в целом - это неорганизованный источник, локализованные зоны выбросов могут и должны подлежать мониторингу, с применением как непрерывных, так и периодических методов. Это помогает оценивать эффективность природоохранных мероприятий, демонстрировать соответствие требованиям и вовремя выявлять негативные тенденции.

Местоположения точек отбора должны соответствовать стандартам безопасности, быть легкодоступными и иметь достаточный размер.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Разработка программы мониторинга на каждом предприятии ведется с учетом специфики производственного процесса, используемого сырья, климатических условий, существующего состояния окружающей среды и т.д.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Отсутствуют.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

#### **Движущая сила внедрения**

Соблюдение требований экологического законодательства РК.

### **4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ**

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.

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 Республике Казахстан 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. 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).

#### **4.4.3. Мониторинг подземных вод**

Мониторинг подземных вод на полигонах захоронения отходов представляет собой метод, направленный на снижение риска загрязнения водных ресурсов без необходимости технической модернизации или реконструкции объекта. Его реализация осуществляется в рамках эксплуатационного контроля и не требует изменений в конструкции полигона. Основная экологическая проблема, решаемая посредством этого метода, – это предотвращение миграции загрязняющих веществ из тела полигона в подземные водоносные горизонты, что особенно актуально при нарушении герметичности изоляционных слоев или в случае накопления фильтрата.

Данный метод опирается на создание системы регулярного наблюдения за состоянием подземных вод, позволяющей выявлять отклонения от фоновых значений на ранних этапах. Это позволяет принимать предупредительные управленческие решения, минимизируя вероятность масштабного загрязнения и обеспечивая своевременную локализацию источников воздействия. При этом упор делается на организационные и регламентные меры: установление программы мониторинга, корректный выбор местоположения наблюдательных скважин с учетом направления движения грунтовых вод, соблюдение требований по периодичности и полноте контроля, проведение лабораторных анализов по утвержденным методикам. Эти действия не требуют капитальных вложений в переоснащение полигона, но при этом позволяют обеспечить высокий уровень экологической безопасности.

Метод особенно эффективен в сочетании с другими управленческими подходами, направленными на предотвращение образования фильтрата, например, контролем водопритока, регулярной проверкой состояния дренажных и изоляционных систем, а также метеорологическим прогнозированием с целью планирования мероприятий по отводу поверхностных вод. Таким образом, мониторинг подземных вод выполняет не только функцию наблюдения, но и становится инструментом общего управления воздействием полигона на окружающую среду.

В соответствии с экологическим законодательством РК, в частности Экологическим кодексом, данный метод включается в состав программ производственного

экологического контроля и является элементом системы обеспечения наилучших доступных техник в сфере обращения с отходами. Его внедрение соответствует принципам устойчивого природопользования, а также способствует достижению высоких стандартов охраны окружающей среды без необходимости капитальных затрат или вмешательства в технологическую инфраструктуру объекта.

Таблица 4.1. Параметры проведения мониторинга подземных вод

№ п/п	Параметр	Периодичность контроля
№	1	2
1	Водородный показатель, рН	Согласно программе ПЭК
2	Взвешенные вещества	Согласно программе ПЭК
3	Фосфаты	Согласно программе ПЭК
4	Нефтепродукты	Согласно программе ПЭК
5	Фенолы	Согласно программе ПЭК
6	Нитраты	Согласно программе ПЭК
7	Нитриты	Согласно программе ПЭК
8	Азот аммонийный	Согласно программе ПЭК
9	АПАВ	Согласно программе ПЭК
10	Железо общее	Согласно программе ПЭК
11	БПК5	Согласно программе ПЭК
12	ХПК	Согласно программе ПЭК
13	Сухой остаток	Согласно программе ПЭК
14	Хлориды	Согласно программе ПЭК
15	Сульфаты	Согласно программе ПЭК
16	Жесткость	Согласно программе ПЭК
17	Медь	Согласно программе ПЭК
18	Свинец	Согласно программе ПЭК
19	Кадмий	Согласно программе ПЭК
20	Цинк	Согласно программе ПЭК
21	Цианиды	Согласно программе ПЭК

## 4.5. Техники управления и снижения физического воздействия

### 4.5.1. Шум

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая изменения в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии.

Влияние шума на операторов внутри установки не рассматривается в рамках данного документа.

Новые установки могут характеризоваться низким уровнем шума и вибрации. Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования (вентиляторы, насосы). Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума.

Чтобы снизить уровень шума и предотвратить его распространение на ближайшую территорию, могут быть применены различные технические решения по снижению шума:

- реализация стратегии снижения шума;

- ограждение "шумных" операций/агрегатов;

- виброизоляция операций/агрегатов;

- внутренняя и внешняя обшивка из ударопоглощающего материала;

- звукоизоляция зданий для защиты от любых шумных операций, связанных с оборудованием для преобразования материалов;

- строительство стен для защиты от шума, например, строительство зданий или естественных барьеров, таких, как растущие деревья и кустарники между охраняемой территорией и "шумной" деятельностью (или "деятельностью, издающей шум");

- обшивка воздуховодов и воздуходувок, расположенных в звуконепроницаемых зданиях;

- закрытие дверей и окон крытых помещений;

- малозумное оборудование.

Перечисленные меры доступны к применению на действующих, модернизируемых и новых объектах. Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и если установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания, применяются вторичные технические решения, такие, как например, строительство зданий или природных барьеров, таких, как растущие деревья и кустарники между селитебной зоной и источником активного шума. Двери и окна защищаемого пространства должны быть плотно закрыты в период эксплуатации шумовыделяющих установок.

#### **4.5.2. Вибрация**

Вибрация – это механическое колебательное движение системы с упругими связями. Вибрацию по способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками вибрации) условно подразделяют на местную (локальную), передающуюся на руки работающего, и общую, передающуюся через опорные поверхности на тело человека, в положении сидя или стоя.

Общая вибрация в практике гигиенического нормирования обозначается как вибрация рабочих мест. В производственных условиях нередко имеет место совместное воздействие местной и общей вибрации.

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственно его контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

Снижение неблагоприятного действия вибрации ручных механизированных инструментов на оператора достигается путем технических решений:

уменьшением интенсивности вибрации непосредственно в источнике (за счет конструктивных усовершенствований);

средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками человека-оператора;

виброизоляцией производств/агрегатов.

В условиях эксплуатации полигонов источниками вибрации могут являться различные виды техники и оборудования: бульдозеры, уплотнители, экскаваторы, автотранспортные средства, а также насосные и газосборные установки. При длительной работе с такой техникой воздействие вибрации может оказывать негативное влияние на здоровье обслуживающего персонала, особенно при управлении оборудованием в положении сидя или стоя.

Вибрационное воздействие на рабочих полигона должно учитываться при проектировании и эксплуатации техники. Важно обеспечивать соответствие уровней вибрации нормативным требованиям, установленным в санитарных правилах и государственных стандартах (например, ГОСТ 12.1.012-2004 "Вибрационная безопасность"). Для измерения вибрации применяются специальные приборы, позволяющие оценить уровни виброускорений и сопоставить их с предельно допустимыми значениями.

Снижение вибрационного воздействия на полигоне отходов достигается за счет применения машин с улучшенными конструкциями, оснащенных виброизолирующими сиденьями, антивибрационными опорами и средствами дистанционного управления. При выборе техники рекомендуется отдавать предпочтение моделям с подтвержденными характеристиками по снижению вибрационной нагрузки. Также необходимо соблюдать регламент технического обслуживания машин, поскольку изношенные узлы и агрегаты могут существенно увеличивать уровень вибрации.

Дополнительной мерой защиты является проведение инструктажа и медицинского наблюдения за работниками, эксплуатирующими виброопасную технику, а также организация чередования видов работ для сокращения длительности воздействия. Учет и контроль вибрационного воздействия на полигонах отходов должен стать

неотъемлемой частью системы управления охраной труда и промышленной безопасностью.

#### **4.6. Запах**

Запахи, образующиеся в результате деятельности объектов обращения с отходами, представляют собой одну из наиболее остро воспринимаемых форм загрязнения окружающей среды, особенно в населенных пунктах, расположенных вблизи таких объектов. Несмотря на то, что источники запахов зачастую не представляют прямой угрозы здоровью человека в привычных концентрациях, они оказывают существенное негативное воздействие на качество жизни, вызывают общественное недовольство и могут свидетельствовать о технологических нарушениях. Поэтому методы управления запахами рассматриваются как важный элемент системы экологической безопасности и входят в перечень наилучших доступных техник, не требующих технической модернизации или реконструкции объекта.

Ключевая экологическая проблема, решаемая в данном контексте, - это распространение запахов, возникающих в результате анаэробного разложения органических отходов, нарушения режимов хранения и обработки отходов, а также недостаточной герметичности при транспортировке или выгрузке. Методы управления запахами направлены на их предупреждение и контроль в рамках существующих технологических процессов за счет организационных, регламентных и эксплуатационных решений.

К числу таких методов относится обеспечение надлежащего санитарного порядка на объектах: регулярное уплотнение и покрытие отходов инертными материалами (например, грунтом), своевременное удаление и стабилизация органической фракции, а также контроль за работой дренажных и вентиляционных систем. Значительное влияние на уровень запахов оказывает соблюдение регламентов по приему и размещению отходов, включая ограничение времени открытого хранения органических фракций. Рациональное планирование графика выгрузки отходов, особенно в теплое время года, позволяет снизить интенсивность запахов без дополнительных затрат.

Также важную роль играет подготовка персонала к соблюдению режимов хранения и обработки, а также постоянный визуальный и обонятельный контроль за состоянием объектов. Использование жалоб населения и журналов учета инцидентов как инструмента обратной связи позволяет оперативно реагировать на случаи распространения запахов и проводить профилактические мероприятия. Эти действия не требуют переоснащения производственных мощностей и могут быть внедрены на любом этапе жизненного цикла объекта.

Согласно положениям Экологического кодекса, а также санитарным требованиям, операторы объектов обязаны принимать меры по недопущению превышения уровней

запахов за пределами санитарно-защитной зоны. Снижению нагрузки от запахов закрепляется через инструменты производственного экологического контроля и принцип предупредительного управления.

Управление запахами посредством организационно-технологических мероприятий представляет собой эффективный и доступный метод минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Он реализуется без значительных капитальных вложений, может быть адаптирован к специфике конкретного объекта и обеспечивает соответствие современным требованиям к экологической ответственности и устойчивому управлению отходами.

#### **4.7. Управление отходами**

Согласно Экологическому кодексу и другим НПА, 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 действующим законодательством Республики Казахстан.

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должно обеспечивать условия, при которых в случае необходимости временного накопления производственных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом процессе или направления на объект для размещения) образующиеся отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье персонала предприятия.

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.

#### **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 и сбросов, сокращение количества отходов с применением одной или нескольких техник, в целях комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды.

## **5.1. Техники при проектировании, строительстве и обустройстве объектов захоронения отходов**

### **5.1.1. Противофильтрационный экран**

#### **Описание**

Основопологающим элементом полигона является противофильтрационный экран (ПФЭ). Главное назначение ПФЭ - эффективная защита грунтовых вод и почвы от стоков и отходов. Его конструкция может быть разнообразной в зависимости от технических и нормативных требований к типу полигона и месту его размещения. Сооружение может иметь естественный минеральный глинистый грунт или быть создано с помощью дополнительных материалов.

Экран бывает однослойным (природный или синтетический), двухслойным, композитным (несколько разнородных слоев). Основная функция обеспечение безопасного складирования отходов.

Виды противофильтрационных материалов и покрытий:

Однослойные геомембраны – используются для герметизации полигонов для хранения жидких отходов;

Однослойные экраны. Основное их отличие состоит в том, что однослойные экраны, помимо самой геомембраны, также имеют защитную прослойку, а в некоторых случаях еще и дренажный материал. Такой экран монтируется на предварительно утрамбованный слой грунта. Среди применений таких экранов - использование их для зон хранения отходов в виде естественного защитного барьера;

Синтетические экраны. Выполняются из полимерного материала листового типа. Вся конструкция экрана в таком случае представлена прочным основанием, устойчивым к воздействию влаги, дренажной системой и системой труб, которая используется для избавления от фильтрата. Используются на полигонах ТБО, а также на полигонах промышленных отходов.;

Геомембранные экраны имеют несколько применений. Их можно уложить на основание полигона в виде однослойного экрана. Также возможно использовать их как

дополнение к минеральному экрану. В результате получается составная конструкция, включающая в себя оба вида экранов. А на тех полигонах, на которых уже установлен двухслойный экран, геомембранное покрытие возможно применить в качестве дополнительного защитного слоя, который разрешено располагать не только ниже, но и выше системы, ответственной за определение утечек;

Комбинированные экраны объединяют один слой геомембраны, еще один рабочий слой, а также два защитных слоя, позволяющие предохранить геомембрану от различного рода повреждений. Такое составное покрытие укладывается на хорошо утрамбованный слой грунта. Дополнительным рабочим слоем, как правило, служат стандартные бентонитовые маты.

Примеры использования противодиффузионного экрана:

уплотнение дна полигона;

герметизация полигонов с уклонами;

предотвращение доступа грунтовых вод (воды под давлением).



Рисунок 5.1. Процесс укладки комбинированного экрана [27].

Комбинированные экраны отличаются своей универсальностью: они могут укладываться как на само дно или его часть, так и на откосы с достаточно большим углом наклона [27].

#### **Техническое описание**

В ЕС, как правило, согласно техническим нормам по проектированию полигонов, предполагается для обеспечения защитной функции ПФЭ укладка слоев различных материалов. Самый нижний слой – это минеральный экран – слой глины толщиной минимум 60 см, обычно 1 – 1,5 м. После него равномерно размещается технический барьер – гидроизоляционная мембрана, пленка из полиэтилена высокой плотности (

HDPE) толщиной минимум 1,5 мм, обычно 2 – 2,5 мм. При размещении слоя гидроизоляции наиболее часто применяются нахлесточные двойные швы с контрольным каналом и накладные "экструзионные швы". Способ обращения с материалом и способ соединения пленки определяет ее производитель. Для защиты гидроизоляционных мембран от повреждений на них устанавливается нетканый геотекстиль - нетканое полипропиленовое полотно.

Дальнейшим применяемым материалом являются, так называемые бентонитовые маты. Бентонитовый мат - это геосинтетический глиняный уплотнитель, гидроизоляционный материал рулонного типа, разработанные на основе природной бентонитовой глины. Мат представляет собой сэндвич-строительный материал, состоящий из двух слоев геотекстиля, между которыми закреплен слой активированного натриевого бентонита. Верхний слой этого геотекстиля изготовлен из высокопрочного тканого полипропилена, нижний слой - из механически высокостойкого геотекстиля. Оба геотекстиля соединены между собой сшиванием. Бентонитовые маты используются для изоляции дна полигонов, покрытия полигонов. Бентонитовые маты, содержащие алюминиевый минерал бентонит, связывают окружающую почвенную влагу, разбухают и создают тонкий слой с дополнительными герметизирующими свойствами. Преимуществом матов является простота и быстрота в обращении и укладке, чрезвычайная долговечность, высокая прочность соединения, контролируемое качество а также их экологичность [23].



Рисунок 5.2. Пример размещения бентонитовых матов на изолируемой поверхности

В конце склона бентонитовый мат закрепляется в анкерном замке, а затем засыпается. Соединение полос осуществляется путем их наложения внахлест, при этом место стыка дополнительно посыпается бентонитовым порошком.

Гидроизоляционные мембраны из HDPE и бентонитовые маты, размещаются, как по отдельности, так и в сочетании, так называемая комбинированная герметизация.

В качестве противofильтрационных экранов в РФ регламентируется использование следующих материалов:

однослойный глиняный экран (толщина на менее 0,5 м), поверх которого укладывается защитный слой из местного грунта (толщина 0,2 – 0,3 м);

грунтобитумный экран, обработанный органическими вяжущими материалами или отходами нефтепереработки (толщина 0,2 – 0,4 м);

экран из латекса (двухслойный).

При устройстве полигона укладываются трубы дренажной системы - диаметром 200 – 250 мм (из пропиленового материала). Последним засыпается слой дренажного гравия с размером зерна 32/16 или 16/8, засыпка слоя толщиной 30 – 50 см.

Вся конструкция экрана в таком случае представлена прочным основанием, устойчивым к воздействию влаги, дренажной системой и системой труб, которая используется для избавления от фильтрата [26].

Основные противofильтрационные материалы:

геомембрана/гидроизоляционная мембрана представляет собой пленку из полиэтилена толщиной от 0,75 до 3 мм;

противofильтрационные бентонитовые маты – два слоя геотекстиля с вкладкой между полотнами гидрофобного элемента – бентонита.

Гидроизоляционная мембрана изготавливается из полиэтилена высокой плотности (HDPE). Пленка содержит около 97,5 % полимера и 2 % сажи, антиоксидантов и термостабилизаторов. Предназначена для эксплуатации в условиях открытого воздуха. Она обладает превосходной устойчивостью к химическим веществам и ультрафиолетовому излучению и не содержит никаких добавок, которые со временем могут вымываться и делать изоляцию хрупкой. Она обладает превосходной химической стойкостью, механическими свойствами, стойкостью к коррозии под напряжением, размерной стабильностью и стойкостью к термической деградации.

Использование гидроизоляционной мембраны дает следующие результаты:

уплотнение дна полигона;

герметизация полигонов с уклонами;

предотвращение доступа грунтовых вод (воды под давлением).

Для герметизации полигонов с уклонами круче 1:3 используется гидроизоляционная мембрана, изготовленная из высококачественного полиэтилена высокой плотности (HDPE) с технологией придания шероховатости поверхности.

Бентонитовые маты справляются с фильтрацией отходов, выдерживают статическое давление жидкости до 7 атмосфер, а также характеризуются высокой степенью стойкости к износу и "вымыванию" компонентов.

Требования к противofильтрационному экрану должны соблюдаться на всей площади соприкосновения тела полигона с рельефом местности.

Все материалы, используемые в системе герметизации и работа по укладке слоев должны подвергаться тщательному контролю качества. Для данной проверки должна быть разработана подробная программа проверки качества, которая обычно является частью технологического процесса.

Программа проверок должна включать критерии проверок и частоту отдельных проверок. О проведенных проверках и их результатах необходимо вести подробную документацию результатов. Программа проверки должна быть одобрена до начала строительных работ и по мере необходимости, и на основе накопленного опыта еУ можно дополнять и изменять в процессе строительства.

Система герметизации контролируется с помощью геоэлектрики. Перед вводом в эксплуатацию происходит проверка целостности системы герметизации полигона.

Если толщина слоя отходов составляет менее 0,5 м, полигон должен быть оборудован системой мониторинга, которая может контролировать целостность минерального экрана и гидроизоляционной мембраны до тех пор, пока уровень отходов не достигнет высоты не менее 2 м над уровнем уплотнения полигона.

После укладки первого слоя отходов толщиной около 2 м предусмотрена проверка целостности системы герметизации.

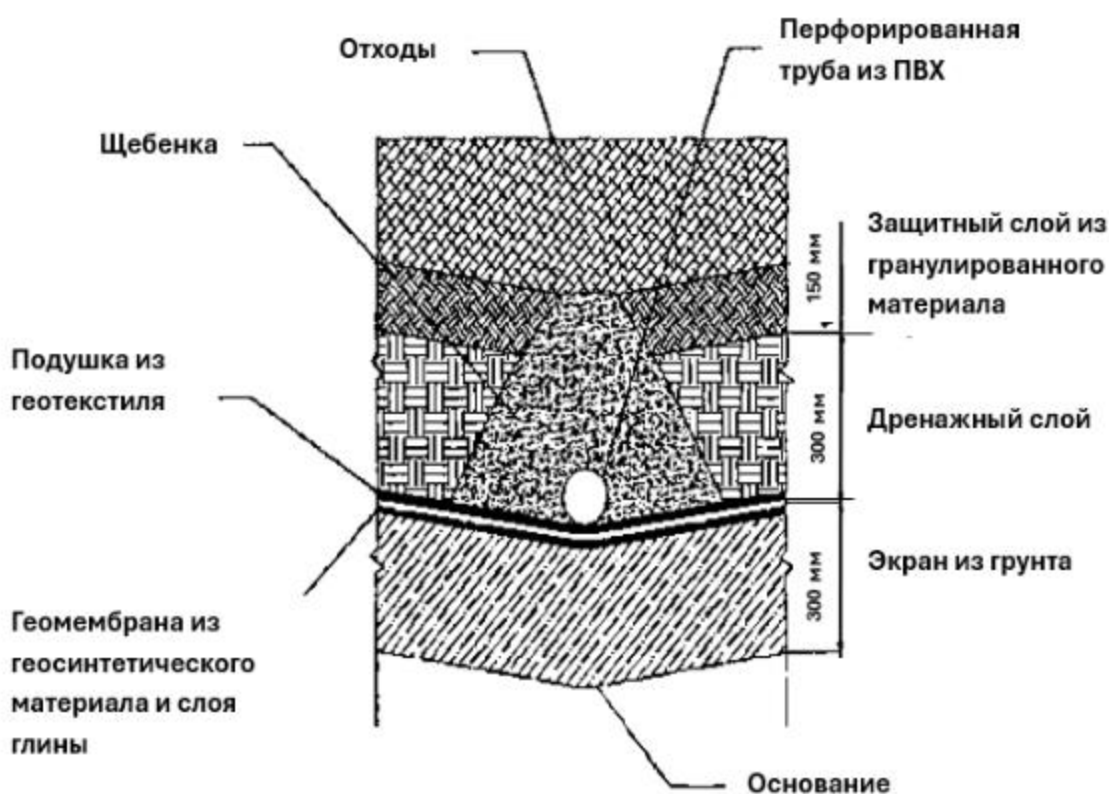


Рисунок 5.3. Образец поперечного сечения герметизации полигона ЕС. Противофильтрационный экран обустроен в основании полигона.

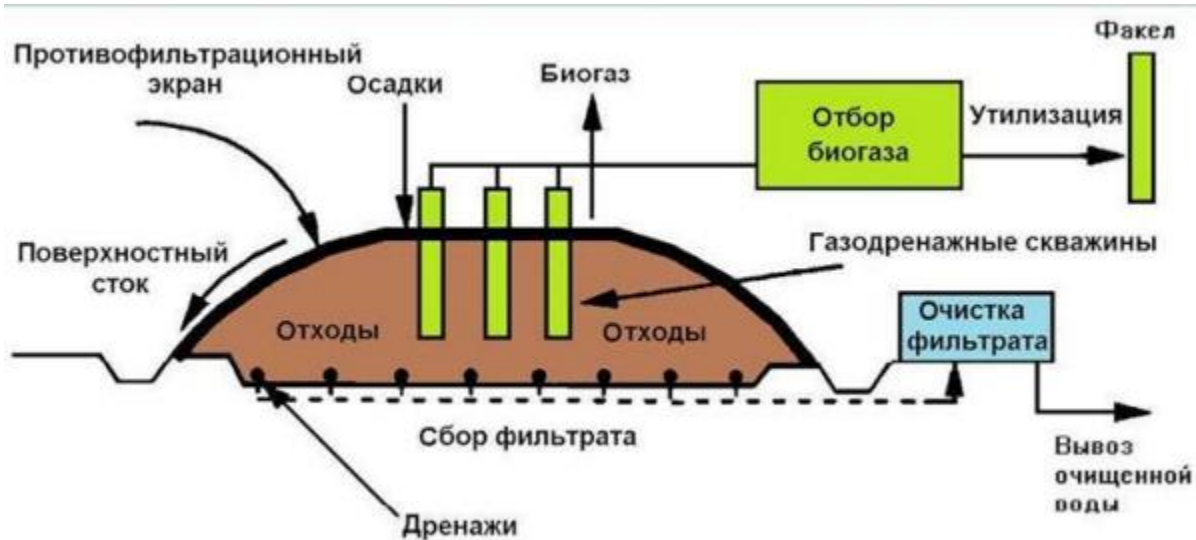


Рисунок 5.4. Схема использования противофльтрационного экрана в Российской Федерации [27].

### **Достигнутые экологические выгоды**

Техника демонстрирует устойчивость к химическому воздействию, к биологическому воздействию, стойкость к эрозии. За счет внедрения техники можно получить потенциальные экологические выгоды: сокращение эмиссий в воду и землю; снижение общих экологических рисков при размещении отходов на полигонах.

Противофльтрационный экран – это долгосрочный и, при надлежащей установке и эксплуатации, надежный технический барьер просачиванию фильтрата свалочных и дождевых вод по всей площади полигона.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При выборе мест размещения полигона для захоронения отходов на первоначальном этапе планирования следует учитывать такие факторы, как:

- нахождение места в удалении от городов/населенных пунктов, например карьеры;
- необработанные открытые пространства, подходящие по геологическим условиям (сейсмическая устойчивость);

- минимизация воздействия на окружающую среду, подходящие гидрогеологические условия;

- обработка дна и стенок полигона – непроницаемость;

- дренаж – управление водой и газом;

- распределение и уплотнение отходов;

- покрытие земель – предотвращение возгорания и дрейфа легких частиц отходов;

- эстетичный вид ландшафта.

Принципы контролируемого захоронения отходов:

- отходы систематически вывозятся на подходящую, подготовленную территорию;

отходы распределяются и утрамбовываются слоем толщиной около полуметра, слоями и под небольшим уклоном до высоты около 2 м;

уплотненные отходы ежедневно покрываются сверху и по бокам слоем подходящей почвы толщиной около 20 см;

после окончательного заполнения полигон рекультивируется, что позволяет эффективно его использовать.

Процессами создания полигонов захоронения отходов являются:

покрытие верхнего слоя почвы и подпочвенных слоев;

минеральное уплотнение;

уплотнительные полосы;

дренаж поверхностный или дренажные системы труб.

Типовое техническое оснащение полигона включает:

автомобильные весы;

пандус для мойки автомобилей.

Коммуникации:

гаражи;

склады;

эксплуатационное здание;

система водоснабжения и канализации (протечки и дождевая вода – очистные сооружения отходящих вод);

управление газом;

ограждение полигона.

Полигоны должны быть оборудованы ограждением по всему периметру высотой не менее 2 м или другим эффективным барьером для въезда. Въезд на территорию полигона должен быть оборудован запирающимися воротами. Ограждение дополняется защитной сеткой для предотвращения уноса легкого мусора, части отходов на полигон.

Проектирование, строительство полигонов и утилизация отходов регламентируются сводом технических стандартов. Полигоны для захоронения отходов делятся на группы в зависимости от видов и опасности отходов с различным уровнем технической безопасности и требований к их обеспечению. Основными условиями проектирования и строительства полигонов является то, что полигоны всех типов могут размещаться только в местах, где наивысший уровень грунтовых вод не менее чем на 1 м ниже уровня самого нижнего герметизирующего уплотнительного слоя полигона. В обоснованных случаях уровень грунтовых вод может быть снижен за счет гравитационного дренажа. Разработанная программа обследования является частью проектной документации в рамках строительства инженерного оборудования, схемы прокладки и результаты лабораторных исследований грунтов. Устройство защитного экрана начинается с подготовки грунта, если используются насыпные материалы для выравнивания грунта, то их уплотняют до 97 %. Именно от качества грунта зависит

целостность геомембраны, отсутствие лишних жидкостей и газов под ее поверхностью. Важно, чтобы грунт, на который планируется укладывать экран, был не склонен к деформациям и усадкам.



Рисунок 5.5. Аэроснимок полигона II (район Сулков) [25].

В РФ проектируемый срок эксплуатации полигона – не менее 15 – 20 лет. Необходимая при этом площадь земельного участка для складирования ТБО зависит от численности обслуживаемого населения и высоты складирования ТБО. Например, для города с населением 0,5 млн жителей требуется полигон площадью от 20 до 60 га при высоте складирования ТБО, соответственно, от 45 до 12 м. Полигоны ТБО, имеющие общую высоту более 20 м и нагрузку на площадь более  $10 \text{ т/м}^2$  (100 тыс. т/га), относят к категории высоконагружаемых. Предпочтительным для размещения полигона является участок, сложенный глинами или тяжелыми суглинками (при глубине грунтовых вод не менее 2 м). Запрещается использование под полигон болот глубиной более 1 м, а также участков, затопляемых паводковыми водами. Участок складирования разбивается на этапы эксплуатации (с учетом рельефа местности) [17].

На участке складирования, в основании полигона предусматривается устройство котлована, из которого производится выемка грунта для последующей изоляции ТБО (

промежуточной и окончательной). Глубина котлована зависит от уровня грунтовых вод (днище котлована должно быть на 1 м выше уровня грунтовых вод).

Учитывая рельеф местности и очередность складирования ТБО, участок разбивается на несколько котлованов; при уклоне участка более 0,5 м предусматривается каскад котлованов. Грунт, вынутый из котлована первой очереди, размещается в кавальерах по периметру полигона. Разность отметок оснований двух смежных котлованов – не более 1 м.

Основание котлована – глина толщиной не менее 0,5 м (коэффициент фильтрации воды не более 10 – 5 см/сек). Если грунт характеризуется коэффициентом фильтрации более 10 – 5 см/сек, требуется устройство искусственных непроницаемых экранов. Цель создания ПФЭ – ограничение потока фильтрата к нижележащим грунтовым водам и предотвращение притока грунтовых вод на уровень выше основания полигона.

### **Кросс-медиа эффекты**

Применение описанной техники не несет негативных воздействий на окружающую среду. Применение предлагаемой техники, позволяет предотвратить загрязнение почвы и подземных вод и снизить риски воздействия на окружающую среду при складировании отходов на полигонах.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Полигон должен располагаться за пределами зон охраны источников питьевого водоснабжения I и II уровней; поймы, районов, где экономически невыгодно обеспечить защиту полигона от разрушения вследствие превышения несущей способности или чрезмерных деформаций грунта.

Применение ПФЭ возможно для всех типов новых и модернизируемых полигонов (целесообразное условие для оборудования полигона ТБО).

Технические требования к полигонам захоронения отходов, включая условия их размещения, техническую безопасность их эксплуатации, герметизацию, условия их закрытия и рекультивации, а также требования

к их мониторингу, должны соответствовать требованиям технических стандартов, например стандарты принятые в Чешской Республике:

ČSN 83 8030 Захоронение отходов – Основные условия проектирования и строительства полигонов;

ČSN 83 8032 Захоронение отходов – Герметизация;

ČSN 83 8033 Захоронение отходов – Управление фильтратом полигонов;

ČSN 83 8034 Захоронение отходов – Дегазация полигонов;

ČSN 83 8035 Захоронение отходов – Закрытие и рекультивация полигонов;

ČSN 83 8036 Захоронение отходов – Мониторинг полигонов [24].

ПФЭ применяется на всех современных полигонах в ЕС. В зависимости от характеристик полигона и местности его размещения возможны различные модификации герметизирующих слоев и разные используемые материалы.

Использование НДТ, не предписывает использование конкретной техники, но принимает во внимание технические характеристики объекта по переработке отходов, его географическое положение и местные экологические условия.

ПФЭ применяются на современных полигонах в РФ. Количество внедрений – 75. Из них:

хранилища, предназначенные для хранения отходов добычи и/или обогащения полезных ископаемых, кроме отвалов – 13;

отвалы отходов обогащения полезных ископаемых – 6;

отвалы отходов обрабатывающих производств – 1;

отвалы отходов производства электроэнергии и пара – 1;

полигоны приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО – 22;

хранилища, предназначенные для хранения отходов обрабатывающих производств, кроме отвалов – 9;

хранилища, предназначенные для хранения отходов производства электроэнергии и пара, кроме отвалов – 1;

объекты захоронения ТБО – 22.

Возможность применения на действующих объектах размещения отходов [F].

В Чехии, в регистре выданных комплексных экологических разрешений указано 159 полигонов, все они оборудованы ПФЭ [28].

Длина вала составляет около 55 м, высота вала – 2 м, уклоны запроектированы в соотношении 1:2. Земляной вал выполняется из однородного материала и потребует минимального материала уплотнения до 95 %. Для строительства вала можно использовать грунт с существующего полигона или, возможно, грунт со снятых рекультивационных слоев. Земляной вал будет опираться на уплотненный фундаментный шов, снова уплотнение материала минимум до 95 %. В задней части (со стороны подъездной дороги) земляной вал пересечется с насыпью проектируемой транспортной дороги. Снятие рекультивационных и герметизирующих слоев, а также строительство земляного вала определяют площадь планируемого расширения полигона. Во-первых, будет модифицирован стык фундамента полигона. На подготовленный и уплотненный фундаментный шов будут укладываться герметизирующие слои полигона в таком составе: бентонитовый мат, система контроля целостности пленки, толщина пленки HDPE 1,5 мм, защитный геотекстиль плотностью 800 г/м<sup>2</sup>. Бентонитовый мат будет соответствовать условию, установленному норме ČSN 83 8030 [24], согласно которому просачиваемое количество воды на 1 м<sup>2</sup> площади должно составлять не более 3,10 – 9 м<sup>3</sup>/с. Бентонитовый мат минимум толщиной 6 мм, для которого коэффициент проницаемости должен удовлетворять условию  $k_f < 1,5 \cdot 10^{-11}$  м/с. На бентонитовый мат укладывается пленка HDPE толщиной 1,5 мм. Бентонитовый мат и пленка будут

связаны в обвязочный шпор, сооруженный по периметру вала с одной стороны, а с другой стороны будет выполнено соединение с существующей пленкой. Защитный слой пленки будет состоять из геотекстиля весом минимум  $800 \text{ г/м}^2$  или тест CBR (лабораторное исследование на коэффициент несущей способности геотекстиля под нагрузкой) на минимум 10 кН. Постоянная система контроля целостности пленки с минимальной функциональностью до конца захоронения.

Над покрытием бентонитовым матом устанавливается постоянная система контроля целостности герметизации (геоэлектрическая система) с минимальной функциональностью до конца действия полигона. Данная система используется для измерения целостности пленки после укладки дренажного слоя, либо целостность пленки может быть измерена в дополнительные определенные периоды времени в соответствии с потребностями инвестора строительства или требованиями надзорных органов. Геосинтетические элементы будут связаны в стяжку, которая будет сделана в земляном вале, огибающей полигон.

### **Экономика**

Достаточно высокая стоимость, расходы на транспортировку при отсутствии локальной доступности. Многоступенчатый процесс монтажа, требующий специального сварочного оборудования и обучения персонала. Строительная сложность при монтажах на склонах и откосах, специфика крепления отдельных изоляционных слоев. Риск повреждения целостности ПФЭ в начальной стадии эксплуатации полигона при съезде отходов техникой и ненадлежащей производственной практике.

По сравнению к другим методам, высокий уровень защиты и долговечность. Стойкость к эрозиям, прочность и эластичность при деформациях тела полигона (выдерживает статическую нагрузку при оседании полигона). Возможность использования в различных климатических условиях (выдерживает температурные перепады).

### **Движущая сила внедрения**

Законодательные требования РК, природоохранные меры.

## **5.1.2. Вертикальная противодиффузионная завеса**

### **Описание**

НДТ для защиты от загрязнения подземных вод и геологической среды, поверхностных вод, почв в виде противодиффузионной завесы является противодиффузионная завеса, обеспечивающая предотвращение попадания в компоненты окружающей среды загрязняющих веществ из отходов, в том числе с диффузионными водами [F].

### **Область применения**

Применима для объектов размещения отходов поверхностного расположения:

отвалов отходов добычи; отходов обогащения; отходов обрабатывающих производств; отходов производства электроэнергии и пара;

хранилищ, предназначенных для хранения (кроме отвалов) отходов добычи и/или обогащения полезных ископаемых; обрабатывающих производств; производства электроэнергии и пара;

полигонов приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО;

объектов захоронения ТБО.

### **Техническое описание**

Противофильтрационная завеса создается в качестве альтернативы противофильтрационному экрану или дополнения к нему.

Способы вертикальной противофильтрационной защиты определяются с учетом способности отходов к физическим, химическим и биологическим преобразованиям, а также с учетом их агрегатного состояния и физической формы, опасных свойств, которые могут проявлять компоненты, входящие в состав отходов.

Противофильтрационная завеса проектируется и сооружается с учетом всего срока эксплуатации и постэксплуатационного обслуживания объекта размещения отходов.

Материалы для противофильтрационных завес выбирают исходя из устойчивости к воздействию веществ, входящих в состав отходов, а также к физическим воздействиям (перепадам влажности и температуры). Вертикальные противофильтрационные завесы создаются из природных и (или) искусственных материалов.

В целях обеспечения качества вертикальной противофильтрационной защиты проводятся работы по контролю технологии ее сооружения.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества: обладает прочностью структуры; изолирует от попадания вредных веществ в подземные воды.

Применение в особых природных условиях: не выявлено.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Контрольные показатели техники:

Отсутствие протечек фильтрационных вод через противофильтрационную завесу - отсутствие изменений качества подземных вод под воздействием объекта размещения отходов в точках контроля, предусмотренных программой мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды. Возможность ремонта и восстановления гидроизоляционных свойств.

Гидроизоляционные стены используются в различных строительных проектах для предотвращения проникновения и загрязнения грунтовых вод. Типы герметизации стен : Для обеспечения устойчивости и герметизации используются различные технологии, такие как вибрационные, цементированные, буронабивные и шпунтовые стены.

При изоляции окружающей среды: тонкие герметизирующие стенки успешно используются для изоляции двух наземных сред и предотвращения распространения загрязненных вод. Устойчивость подземной стенки траншеи поддерживается с помощью бентонитовой суспензии. В сложных условиях, особенно в случае химического загрязнения воды, надежность и долговечность герметизации подземных стен можно дополнительно повысить путем установки геомембраны. Это вертикальные полосы пленки HDPE, соединенные специальными замками. Их можно использовать на глубине до 30 м. Для меньших глубин существует метод установки непрерывной полосы аналогичной пленки [29].

### **Кросс-медиа эффекты**

Ресурсо- и энергосберегающие преимущества определяются конструкцией противодиффузионной завесы.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Ограничения для внедрения и использования технологии: определяются конструкцией противодиффузионной завесы.

Имеется возможность применения на действующих объектах захоронения отходов.

Широко распространено в практике, как для действующих предприятий и полигонов в рамках мер по предотвращению загрязнений, так и в рамках ограничения распространения исторического загрязнения. Также применяется при ликвидации аварий разливов веществ (шпунт Ларсена, авария разлив бензола, 3/25, ЧР). Внедрено в зоне добычи угля месторождения Туров, Республика Польша.



Рисунок 5.6. Рекультивация токсичного полигона с использованием изоляционной стены ECOSOL (Сполана Нератовице) [29].



Рисунок 5.7. Геоизоляция полигона с герметизацией подземной стены (Кема Скальна) [29].

Технически необеспеченные полигоны представляют собой серьезную экологическую проблему. В основном это старые свалки, не имеющие изолированного днища и бортов, не обеспечивающие отвод просачивающейся воды и контроль грунтовых вод. Техническое решение по рекультивации, целью которого является стабилизация загрязнения, заключается в предотвращении попадания воды на полигон, предотвращении попадания фильтрата в грунтовые воды с помощью вертикальных или горизонтальных барьеров, а также строительство активных барьеров, таких как противofiltrационная завеса.

Внедрено в РФ на хранилищах, предназначенных для хранения отходов обрабатывающих производств, кроме отвалов, на хранилище, предназначенном для хранения отходов производства электроэнергии и пара.

#### **Экономика**

Преимущества экономические: определяются конструкцией противofiltrационной завесы.

Период внедрения – до 6 месяцев (среднесрочный период внедрения).

При ликвидации последствий аварийных разливов период внедрения сокращается до технически необходимого.

#### **Движущая сила внедрения**

Требование экологического законодательства по защите подземных вод и грунта от загрязнений. Меры по локализации больших аварийных разливов опасных веществ и угрозы загрязнения вод.

### **5.1.3. Укрепление внешних откосов ограждающих устройств при их захоронении навалом (насыпью)**

#### **Описание**

НДТ обеспечения устойчивости ограждающих устройств (откосов) и защиты от загрязнения поверхностных вод, почв являются мероприятия по их укреплению [F].

## **Техническое описание**

Ограждающие устройства проектируются и сооружаются с учетом всего срока эксплуатации и постэксплуатационного обслуживания полигона.

Способ укрепления откосов выбирают исходя из угла откоса и необходимости обеспечить устойчивость к физическим воздействиям (перепадам влажности, температуры и др.) и механическим воздействиям (деформациям).

### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества:

исключение попадания на поверхность почвы и в поверхностные воды отходов;

сокращение выбросов неорганической пыли с поверхности ограждающих устройств

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

На стадии проектирования насыпи и дамбы устраиваются и уплотняются послойно для достижения предписанной степени уплотнения (до 97 %). Откосы насыпей и канавы проектируются с уклоном 1:3 в сторону полигона и 1:2 в сторону откоса. Дно и склоны полигона уплотняются. Для укрепления внешних откосов используются периметральные подпорные канавы. Они предотвращают попадание дождевой воды в тело полигона. Поддержка фундаментов и укрепление поверхности полигона также важны для создания устойчивого базового слоя и достижения общей устойчивости полигона. Это имеет решающее значение в местах, где новый полигон будет построен на мягкой поверхности или в зоне риска оползней.

Поверхностный слой шин может выполнять защитную функцию.

### **Кросс-медиа эффекты**

Ресурсо- и энергосберегающие преимущества определяются способом укрепления откосов.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применима для объектов размещения отходов поверхностного расположения:

отвалов отходов добычи;

отходов обогащения;

отходов обрабатывающих производств;

отходов производства электроэнергии и пара;

хранилищ, предназначенных для хранения (кроме отвалов) отходов добычи и/или обогащения полезных ископаемых; обрабатывающих производств; производства электроэнергии и пара;

полигонов приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО;

объектов захоронения ТБО.

Применение в особых климатических условиях определяется способом укрепления откосов. Применение в особых природных условиях: не выявлено.

Ограничения для внедрения и использования технологии: определяются способом укрепления откосов.

Количество внедрений в РФ – 39 [F]. Из них:

полигоны приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО – 18;

хранилища, предназначенные для хранения отходов обрабатывающих производств, кроме отвалов – 5;

хранилища, предназначенные для хранения отходов производства электроэнергии и пара, кроме отвалов – 2;

объекты захоронения ТБО – 14.

Контрольные показатели техники: отсутствие попадания отходов на поверхность почв, минимизация выбросов неорганической пыли с поверхности ограждающих устройств – отсутствие изменений качества почв и атмосферного воздуха под воздействием объекта захоронения отходов в точках контроля, предусмотренных программой мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды.

В ЕС нормативно установлено, что требование к противofильтрационному экрану должны соблюдаться на всей площади соприкосновения тела полигона с рельефом местности, включая боковые откосы. Способ крепления материала противofильтрационного экрана на откос определяет производитель материала.

В Чехии в регистре выданных комплексных разрешений указано 159 полигонов, их откосы оборудованы внешним ограждением [28].



Рисунок 5.8. Пример укрепления внешних откосов ограждающих устройств [30].



Рисунок 5.9. Примеры покрытия откосов полигона противодиффузионным экраном [27].

Слой шин выполняет защитную функцию. Шины используются как технологический материал, т.е. для стабилизации и защиты уплотнителя, а не как дренажный слой. Используемые шины должны быть примерно одинаковыми. Запрещается использовать шины от тракторов или грузовиков, а также шины с дисками. Использованные шины возможно наполнить дренажным материалом.



Рисунок 5.10. Использование шин в качестве технологического материала

### **Экономика**

Экономические преимущества определяются способом укрепления откосов. Помимо цены земляных работ, значительную экономию дает использование отработанных шин, как утяжеляющего элемента конструкции. Таким образом, внедряется их использование, как элементов укрепления конструкции. Возможность применения на действующих объектах: имеется.

Период внедрения: 1 – 2 года.

## **Движущая сила внедрения**

Законодательные требования РК, включая строительные нормы и правила по установке полигонов.

### **5.1.4. Система сбора свалочного газа (дегазации) на объектах захоронения ТБО**

#### **Описание**

Для обеспечения безопасной и управляемой эксплуатации полигона ТБО предусматривается система сбора свалочного газа.

#### **Техническое описание**

Системы дегазации полигонов могут быть разных конструкций:

вертикальные – скважины, коллекторные колодцы;

горизонтальное – дренаж, горизонтальное бурение;

комбинированные – дренажи, вертикальные скважины или колодцы.

Кроме того, можно также разделить системы по моменту строительства на системы, возводимые непрерывно с созданием полигона, и системы, возводимые только после завершения строительства полигона. Строительство систем сбора газов в сочетании с созданием полигона требует тщательного надзора и осторожного обращения, чтобы не повредить дренажную систему. При захоронении отходов могут быть проложены различные типы горизонтального дренажа: перфорированные пластиковые трубы (засыпаемые), траншеи, заполненные крупным гравием, свободно уложенные перевернутые сборные бетонные элементы U-образной формы, панели или бетонные плиты, сложенные для образования сборных каналов [25].

У новых полигонов, где выполняются требования по герметизации, любые последующие работы по установке дренажа представляют опасность, поскольку недостаточный уход и надзор могут привести к проколу изоляции, что нанесет непоправимый ущерб всей дорогостоящей конструкции. Поэтому для таких полигонов принципиально проектируется система, которая возводится одновременно с загрузкой, целенаправленно выбираемая в соответствии с формой полигона. Оптимальное сочетание труб для сбора газа и утечек позволяет сэкономить затраты на две отдельные сети сбора.

Выбор и конструкция системы дегазации определяются:

формой полигона;

способом и скоростью загрузки отходов;

путем постепенного расширения и соединения отдельных участков полигона.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение вредного воздействия газообразных выбросов снижает:

негативное воздействие на растительность на полигоне и прилегающей территории;

опасность взрыва или удушья в замкнутом пространстве, опасность самопроизвольного возгорания;

неприятный запах следовых количеств свалочного газа.

Газы, самопроизвольно образующиеся в теле полигона, создают избыточное давление внутри полигона, что приводит к самопроизвольной утечке газа в окружающую среду. Свалочный газ проникает на поверхность тела полигона и значительно уменьшает естественную толщину аэробного слоя почвы.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Состав биогаза меняется в зависимости от возраста полигона и скорости его откачки. Он состоит в основном из метана и углекислого газа. Оптимальными условиями для образования метана являются pH 6,5 – 8, влажность выше 20 – 30 % и температура 25 – 40 °С.

Количество биогаза зависит от вида отходов, технологии их хранения, толщины полигона, соотношения общего углерода к общему азоту в отходах, наличия токсичных для микроорганизмов веществ, нейтрализующей способности среды и, в частности, влажности, которая влияет на ход бактериальных реакций [25].

Свалочный газ может использоваться в качестве топлива либо путем прямого сжигания (сушильные установки, теплицы), либо в газовых двигателях для выработки электроэнергии, либо в качестве заменителя природного газа (SNG – subst. natur. gas). Для этих целей газ необходимо обезвоживать (высушить). Это происходит автоматически путем охлаждения (процесс сублимации) после откачки с полигона.

Перед завершением проекта станции использования свалочного газа необходимо провести пробную откачку, которая определит производительность полигона по свалочному газу, состав газа и, следовательно, возможности использования, а также данные, необходимые для окончательного проекта по управлению газом. Для последующих буровых полигонов необходимо пробурить не менее 3 скважин для проведения испытаний (которые затем можно будет использовать в операционной системе). В ходе испытаний определяется оптимальное расстояние скважин. Испытание также необходимо для полигонов с полной, непрерывно действующей сетью сбора. Результат испытания определит, можно ли использовать газ экономично и эффективно, а также определит приблизительное время наращивания мощности. По результатам испытаний при необходимости проектируется также газоочистное устройство [25].

### **Кросс-медиа эффекты**

Установка системы дегазации предопределяет дальнейшее использование собранного свалочного газа. Возможны эмиссии от сжигания свалочного газа.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Размещенные отходы подвергаются анаэробному разложению на полигоне, в результате чего выделяется газ. Процесс постепенной биологической деградации органических отходов на полигоне представляет собой последовательность нескольких отдельных фаз с характерными условиями и продуктами. Эти процессы происходят совершенно спонтанно:

аэробная стадия – органическое вещество расщепляется аэробными микроорганизмами в присутствии кислорода воздуха (краткий период времени);

анаэробная неметаногенная стадия – в этой так называемой "кислой" фазе или также в фазе "кислотообразующего брожения" алифатические кислоты вырабатываются анаэробными организмами (та фаза длится от нескольких недель до нескольких месяцев).

Если полигон глубокий и уплотненный, то избыточное количество воздуха не может попасть внутрь слоев полигона при изменении барометрического давления, метаногенный процесс развивается дальше, и полигон превращается из опасного загрязнителя воздуха в эффективный естественный фильтр.

Анаэробная стадия метаногенного процесса может проходить в двух состояниях:

анаэробная стадия метаногенная нестабилизированная – т.е. начальная стадия развития метаногенных микроорганизмов;

анаэробная стадия метаногенной стабилизации – т.е. стадия с обильно размножающейся культурой метаногенных микроорганизмов. Метаногенная фаза стабилизируется в течение шести месяцев – двух лет, переходя в устойчивое состояние метаногенеза – образования метана.

Анаэробная метаногенная стабилизированная фаза - продолжается до полного истощения субстрата. Стабилизируется образование метана с одновременным образованием углекислого газа. Она протекает медленнее, чем фаза кислотообразования, и весьма важным параметром является влажность субстрата. Достигаются температуры от 35 до 50 °С, а падение температуры ниже 30 °С оказывает отрицательное воздействие на популяцию метаногенов. Содержание метана на этой стадии колеблется от 52 до 70 % по объему, углекислого газа – от 25 до 45 %, азота – от 1 до 3 % (пиковые уровни составляют 74 % метана и 26 % углекислого газа) [25].

Система дегазации полигона постоянно строится на основе результатов газометрической съемки по этажам в зависимости от интенсивности образования свалочного газа. В рамках реализации плана по газоотведению ориентировочно строится 9 скважин диаметром 800 мм. В скважину на всю ее глубину устанавливается перфорированная труба из синтетического материала размером 110, а обратная засыпка выполняется щебнем фракции 16 – 32 мм. Также бурятся новые газовые скважины, которые подключены через насосную станцию к существующим когенерационным установкам. Газонасосная станция оснащена парой нагнетателей и служит для принудительной откачки свалочного газа из тела полигона. На насосной станции также постоянно проводится анализ состава свалочного газа.

Контроль качества и количества свалочного газа на насосной станции (постоянно), контроль качества и количества свалочного газа (два раза в год на участках, которые не будут подключены к системе насосной станции) [28].

**Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Зависит на местных условий, типа полигона, его правилах эксплуатации, климатической зоне размещения и от использования энергетического потенциала свалочного газа.

### **Движущая сила внедрения**

Экологические требования по охране окружающей среды, экономическая выгода при энергетическом использовании свалочного газа (метана). Безопасная эксплуатация полигона, предотвращение взрывов и пожаров.

### **5.1.5. Система отвода сточных вод (дренажная система)**

#### **Описание**

Система дренажа служит для управления сточными водами на полигоне для предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод. Дождевая вода, попадающая на поверхность полигона, становится просачивающейся водой (фильтратом).

#### **Техническое описание**

Сточные воды с полигона отводятся через плоский фильтр (30 см карьерного заполнителя) в перфорированную трубку со сливом в бессточный резервуар (емкость резервуара рассчитывается на основании характеристик полигона и местных условий, объем задержания в м<sup>3</sup>), из резервуара фильтрат перекачивается насосом обратно через сливную трубу на полигон. Накопительный резервуар для фильтрата должен иметь изоляцию из полиэтиленовой пленки высокой плотности HDPE, и быть оснащен сигнализатором достижения максимального уровня.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Обеспечение процессов разложения на полигоне, поддержка метанообразования. Предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, почвы в районе размещения полигона.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

С территории полигона возможен отдельный сбор дождевой воды с крыш административно технологических объектов, такие воды считаются условно незагрязненными и могут использоваться, как технологические без очистки, или быть прямо выпущенными в природную среду. Дождевая вода с парковки автотранспорта и сточные воды от мойки транспортных средств должны быть сведены в колодец с нефтеловушкой.

Процесс постепенной биологической деградации органических отходов на свалке представляет собой последовательность нескольких отдельных фаз с характерными условиями и продуктами. Количество и загрязненность фильтрата обусловлены характеристикой полигона, процессами в нем происходящими и климатическими

условиями. Фильтрационные воды в анаэробной неметаногенной стадии полигона, в так называемой "кислой" фазе или также в фазе "кислотообразующего брожения" загрязнены высоким содержанием тяжелых металлов, поскольку агрессивные жирные кислоты растворяют металлические части отходов. Для предупреждения разливов фильтрата важно соблюдение правил эксплуатации дренажной системы, ее герметичности, своевременный контроль герметичности резервуара приемника фильтрата. В стабилизированной анаэробной метаногенной фазе важно поддержание влажности субстрата, что поддерживается разливом возвращаемого на полигон фильтрата.

### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление электроэнергии насосом при перекачке фильтрата, собранного дренажной системой, обратно на полигон.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо для объектов размещения отходов приповерхностного расположения.

Внутренняя дренажная система.

Поверхностный сток толщиной не менее 0,5 м, коэффициент фильтрации  $k > 1,10^{-4}$  м.с-1. Поверхностный дренаж толщиной не менее 0,30 м, коэффициент фильтрации  $k > 1,10^{-4}$  м.с-1 дополненный трубчатыми дренажами номинального диаметра (DN) не менее 200 мм.

Внутренняя дренажная система будет состоять из поверхностного стока фракции 16 – 32 мм или 11 – 22 мм. 300 мм с мин. проницаемостью  $k_f > 1,10^{-4}$  м/с, которая будет дополнена дренажной системой и самотеком отводит просачивающуюся воду через сборные дренажи HDPE DA 225, PN 10, которые будут подключены к существующим дренажным дренажам HDPE и впоследствии к существующему бетонному подземному резервуару для сбора просачивающейся воды [28].

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Зависит на местных условиях, типу полигона, его правилах эксплуатации, климатической зоне размещения, характере и интенсивности осадков.

### **Движущая сила внедрения**

Нормативные документы по обустройству полигонов, законодательные требования.

## **5.1.6. Мониторинговые скважины**

### **Описание**

Мониторинговые скважины служат для проверки соответствия условий эксплуатации полигона. Проверки работоспособности всех мер, предназначенных для охраны окружающей среды и контроля выполнения поставленных условий в разрешении на комплексное размещение полигонов.

### **Техническое описание**

Мониторинг качества подземной воды и мониторинг количества и качества свалочного газа, проводится на контрольных скважинах согласно программе мониторинга.

Программа мониторинга сосредоточена на контроле качества и количества подземных вод (дважды в год), контроль качества фильтрационной воды (1 раз в год).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Действенность мер, предназначенных для охраны окружающей среды при эксплуатации полигона.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Контроль качества и количества свалочного газа на насосной станции (постоянно), контроль качества и количества свалочного газа (два раза в год на участках, которые не подключены к системе насосной станции), контроль за количеством технической воды (раз в месяц), мониторинг метеорологических условий показатели (ежедневные), мониторинг уровня просачивания воды в отстойнике (ежедневно), мониторинг количества рециркулируемого фильтрата воды на полигон (ежедневно), мониторинг заполнения полигона отходы (раз в год), мониторинг деформациям тела полигона (1 в год), осмотр поддона просачивание воды (1 раз в 2 года).

#### **Кросс-медиа эффекты**

Отсутствие регулярного мониторинга может привести к нарушению правил эксплуатации полигона, как технологическим, так и экологическим.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.



Рисунок 5.11. Дегазационная скважина на полигоне инертных отходов (Либчице).

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Законодательные требования, нормативные требования по эксплуатации полигона. Технологическая необходимость.

## **5.2. Техники при эксплуатации объектов захоронения отходов**

### **5.2.1. НДТ, направленные на подготовительные операции**

#### **5.2.1.1. Подготовка ТБО к захоронению путем их сортировки с извлечением ресурсных фракций и органических биоразлагаемых материалов**

##### **Описание**

Сортировка и извлечение ресурсных фракций отходов и биоразлагаемых материалов пригодных к дальнейшей утилизации или обезвреживанию.

##### **Техническое описание**

Краткое описание технологии. Сортировка ТБО с извлечением ресурсных фракций и органических биоразлагаемых материалов относится к НДТ, если степень извлечения вторичных материальных ресурсов составляет не менее 15 % масс, степень извлечения отсева с преимущественным содержанием органических веществ не менее 25 % масс [F ]].

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества:

уменьшение массы и объемов размещаемых отходов, как следствие снижение эмиссий биогаза в атмосферу и объемов образования фильтрационных вод;

снижение поступления в окружающую среду токсичных соединений (тяжелых металлов и т.п.).

Сортировка отходов до их размещения на полигоне, увеличивает регуляционный простор, снижает риски аварий (выхода из строя оборудования полигона) и пожаров.

##### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В российской практике на муниципальных полигонах допускается размещение лишь приравненных к ТБО отходов. Промышленные отходы, допускаемые для совместного складирования с ТБО, не должны быть взрывоопасными и самовозгорающимися и не должны иметь влажность более 85 %; токсичность смеси отходов не должна превышать токсичность ТБО (по данным анализа водной вытяжки). Промышленные отходы IV класса опасности, принимаемые без ограничений полигонами ТБО, характеризуются содержанием в водной вытяжке (1л воды на 1 кг отходов) токсичных веществ на уровне фильтрата из ТБО и должны иметь крупность не более 250 мм [31].

Контрольные показатели технологии: степень извлечения вторичных материальных ресурсов составляет не менее 15 % масс, степень извлечения отсева с преимущественным содержанием органических веществ не менее 25 % масс.

В европейской практике на одном и том же полигоне, помимо ТБО, могут размещаться и другие неопасные виды отходов, на специализированных для этого участках полигона, например отходы строительства, осадки сточных вод и пр. Кроме того, на полигонах проектируются участки компостирования растительных и других биоразлагаемых органических отходов. На полигонах проектируются и участки сортировки отходов и хранения вторичного сырья [28].

### **Кросс-медиа эффекты**

Ресурсо- и энергосберегающие преимущества:

возможность использования ресурсного или энергетического потенциала отсортированных компонентов отходов;

увеличение устойчивости экономики замкнутого цикла.

Конденсированные пары и вода, образующиеся в процессе компостирования, сливаются в отдельный поддон и используются для увлажнения компоста. Вырабатываемый на полигоне компост может быть использован для рекультивации полигона, или в качестве добавления к засыпу слоев полигона.

При размещении сортировочной линии в закрытом отапливаемом помещении возможны дополнительные расходы на энергию для обслуживающих механизмов (конвейеры, сепараторы и т.п.), расходы на отопление, вентиляцию. Возможно, воздух с производственных аппаратов/помещений будет нуждаться в предварительной очистке от запаха (расход на биофильтр).

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применима для объектов захоронения ТБО, как эксплуатируемых, так и новых.

Ограничения для внедрения и использования технологии: не выявлены.

Технология применима при наличии достаточных площадей.

Период внедрения: до 1 года (среднесрочный период внедрения) [F].





Рисунок 5.12. Примеры механизированной сортировки ТБО.

Сортировочные линии могут поставляться как в закрытом исполнении, так и в открытом. Открытые сортировочные линии поставляются без закрытой сортировочной кабины, без кондиционирования и отопления. Этот тип используется для небольших объемов ТБО. Конечный горизонтальный пресс можно заменить небольшим пресс-упаковщиком.

Закрытые сортировочные линии обеспечивают более высокий уровень технологии, больший комфорт оператора, более высокую производительность и используются для больших объемов бытовых отходов [32].

#### **Экономика**

Преимущества экономические:

продление срока эксплуатации полигона, вследствие направления части отходов на утилизацию или обезвреживание;

возможность реализации вторичных материальных ресурсов.

Вторичный экономический эффект несет создание рабочих мест, как на самом полигоне, так в последующих звеньях управления отходами.

#### **Движущая сила внедрения**

Аспекты безопасности эксплуатации полигона, снижение общих рисков неконтролируемых реакций и риска возникновения пожаров. Законодательные требования по увеличению сортировки составных ТБО пригодных к переработке или энергетической утилизации.

### **5.2.1.2. Измельчение кусковых отходов перед захоронением**

#### **Описание**

НДТ применимо для объектов захоронения ТБО, полигонов поверхностного захоронения отходов производства и потребления. Техника снижает риски повреждения защитных противодиффузионных экранов. Улучшает показатели уплотнения отходов при их размещении.

#### **Техническое описание**

Измельчение кусковых отходов является НДТ, если оно используется в комбинации с сортировкой для извлечения ценных компонентов пригодных для утилизации. Используются механизмы для дробления отходов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества:

технология обеспечивает подготовку к размещению крупногабаритных отходов, а также снижает взрыво- и пожароопасность отходов, обладающих такими свойствами;

измельчение с последующей сортировкой позволяет снизить количество отходов, направляемых на размещение.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Контрольные показатели технологии:

обеспечение измельчения до фракции крупностью не более 200 мм;

извлечение вторичных материальных и (или) энергетических ресурсов [F].

Удельный вес (плотность) смешанных бытовых отходов в контейнерах и баках в зависимости от состава обычно составляет от 200 до 300 кг/м<sup>3</sup>. При захоронении отходов необходимо максимально уплотнять их с точки зрения безопасности и экологии, чего можно добиться, в том числе, путем их дробления и последующего разделения на отдельные фракции.

### **Кросс-медиа эффекты**

Ресурсо- и энергосберегающие преимущества:

возможность применения мобильных установок;

при измельчении отходов существует возможность выделения целевых фракций и/или компонентов для утилизации.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Нельзя использовать на открытых площадках при температуре воздуха ниже -20 °С. Ограничение по уровням шума. Возможность применения на действующих объектах размещения отходов.

Период внедрения: до 1–2 недель (краткосрочный период внедрения).



Рисунок 5.13. Грохот грубой очистки Lokotrack ST2.8 на полигоне ТБО. Слева горка с промежуточной фракцией, впереди – надфракция, справа – наименьшая подфракция[33].



Рисунок 5.14. Подающий конвейер для транспортировки измельченных отходов на сита [33].



Рисунок 5.15. Наименьшая из отсортированных фракций дробления отходов ТБО [33].

### **Экономика**

Экономические преимущества:

вследствие снижения количества размещаемых отходов и повышения плотности отходов в массиве увеличивается вместимость полигона, что приводит к снижению себестоимости размещения отходов;

техника позволяет получить вторичные материальные ресурсы, пригодные для утилизации.

Ограничения для внедрения и использования технологии: относительно высокая стоимость [F].

### **Движущая сила внедрения**

Экономическая мотивация оператора полигона.

## **5.2.1.3. Подготовка ТБО к захоронению путем их прессования и (или) брикетирования**

### **Описание**

НДТ для защиты от загрязнения почв, атмосферного воздуха и других компонентов окружающей среды в виде подготовки ТБО к захоронению путем их прессования и брикетирования.

### **Техническое описание**

Обработка отходов давлением, производимая с целью увеличения плотности и уменьшения объема размещаемых отходов с последующим брикетированием.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Экологические преимущества:

увеличение вместимости полигона;

снижение объемов образования фильтративных вод;

обеспечение защиты от проникновения насекомых, птиц, грызунов;

замедление анаэробных процессов и, как следствие, снижение выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

исключение развеивания легких фракций отходов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Контрольные показатели технологии: не выявлено.

### **Кросс-медиа эффекты**

Укладка брикетов позволяет достичь ровной и однородной поверхности, что позволяет упростить операцию по укладке грунта и снизить объемы его использования. Снижение количества материала на засыпку отходов и экономия на транспортировке.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.



Рисунок 5.16. Образец оборудования для брикетирования отходов ТБО [34].

### **Экономика**

Экономические преимущества:

продление срока службы полигона за счет уменьшения объема отходов, поступающих на размещение;

снижение транспортных затрат при доставке отходов к месту размещения с использованием специального оборудования;

снижение стоимости прессования отходов при отсутствии материалов, необходимых для обвязки брикета, а также вероятности разрыва брикетов ввиду их высокой плотности.

### **Движущая сила внедрения**

Экономические мотивы внедрения оператором полигона, при доступности предварительной сортировки и брикетирования.

## **5.2.2. НДТ, направленные на захоронение отходов**

### **5.2.2.1. Гидроорошение при захоронении отходов добычи и обогащения природных ресурсов навалом (насыпью)**

#### **Описание**

Техника применяется при захоронении отходов в отвалах отходов добычи полезных ископаемых; отвалах отходов обогащения полезных ископаемых.

#### **Техническое описание**

Гидроорошение осуществляется в процессе уплотнения отходов. В качестве орошающей жидкости могут быть использованы вода, фильтрационные,

технологические и прочие воды. Фильтрационные и дренажные воды после очистки перекачиваются насосом из емкостей для накопления на верхнюю площадку участка размещения отходов, где распыляются по поверхности массива отходов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли в окружающую среду.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Обеспечивает пылеподавление при размещении пылящих отходов навалом (насыпью).

Минимизация выбросов пыли неорганической, отсутствие изменений качества атмосферного воздуха под воздействием объекта захоронения отходов в точках контроля, предусмотренных программой мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление воды, электроэнергии.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Не обнаружено ограничений по применению.

Количество внедрений – 5. Из них отвалы отходов добычи полезных ископаемых – 5 [F].

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Отсутствие необходимости в строительстве ограждающих дамб и возможность размещения на отвалах большего количества отходов на одной и той же площади, чем в хранилищах.

#### **Движущая сила внедрения**

Законодательные требования по охране окружающей среды, технологические нормативные требования.

### **5.2.2.2. Уплотнение отходов при их захоронении навалом (насыпью)**

#### **Описание**

Техника применима для отвалов отходов обрабатывающих производств, полигонов приповерхностного захоронения отходов производства, кроме ТБО, объектов ТБО [F].

Уплотнение отходов производится послойно при поступательном движении специализированной техники по массиву отходов.

Выбор оборудования, используемого для уплотнения отходов, зависит от качества отходов, площади и мощности объекта размещения отходов.

#### **Техническое описание**

Уплотнение отходов осуществляется так называемым "компактором", который увеличивает плотность отходов до 1,5 тонн/м<sup>3</sup>. Укрытие складированных отходов

предотвратит разлет легких фракций отходов в окружающую среду, распространение грызунов и насекомых, а также предотвратит попадание воздуха в организм, что важно с точки зрения производства свалочного газа.

Контрольные показатели технологии: для объектов захоронения ТБО в РФ обеспечение уплотнения ТБО до плотности не менее  $700 \text{ кг/м}^3$  [F]. В ЕС коэффициент уплотнения не менее  $1,35 \text{ т/м}^3$  [28].

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение объемов образования фильтрационных вод вследствие затруднения проникновения воды с поверхности вглубь объекта захоронения отходов.

Для объекта захоронения ТБО:

уменьшение объемов образования биогаза на объекте захоронения ТБО за счет уменьшения порового пространства и содержания в нем воздуха и воды;

снижение пожароопасности объекта захоронения ТБО вследствие уменьшения объема пор и пустот внутри массива отходов, заполненных биогазом, что, в свою очередь, приводит к резкому сокращению эмиссий загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух при горении массива отходов;

предотвращение распространения животных, живущих и кормящихся в районе массива ТБО, предотвращение разноса возбудителей заболеваний животными.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

По данным российской практики, уплотнение в 3 – 4 раза достигается четырехкратным проходом бульдозера (катка) по одному месту. Уплотненный слой ТБО высотой 2 м (12 – 20 слоев) изолируют грунтом, инертными материалами (отходы строительства, шлаки); вместо грунта возможно использование полученного из ТБО компоста. Слой промежуточной изоляции –  $0,15 - 0,25 \text{ м}$  [31].



Рисунок 5.17. Зависимость плотности ТБО на полигоне от количества проходов уплотняющей техники [31].

Степень уплотнения отходов при их полигонном захоронении зависит, при прочих равных условиях, от массы уплотняющего оборудования (определяет величину давления) и от числа проходов уплотняющей техники. Как видно из графика выше, для получения стабильной степени уплотнения отходов достаточно четырех - шести проходов тяжелой (массой 20 – 40 т) техники (бульдозеры, тракторы). Дальнейшее увеличение числа проходов техники и ее массы существенно не влияет на уплотнение ТБО. Уплотнение отходов продлевает срок службы полигона, приводит к выравниванию площадки захоронения, облегчает укрытие отходов и дальнейшую работу. По данным из практики, четырехкратное уплотнение каждого слоя обеспечивает плотность укладки до  $1,1 \text{ т/м}^3$  (в расчете на сухую массу).



Рисунок 5.18. Влияние массы уплотняющей техники на уплотнение ТБО.

При ненадлежащей практике эксплуатации существует опасность доступа кислорода:

неудовлетворительная технология утилизации отходов – каждая доставленная партия отходов должна быть немедленно собрана и уплотнена (предел, установленный правилами эксплуатации, например, 5 мин.);

сбрасывание через скос – уплотнитель компактор движется только горизонтально, оставляя неуплотненными склон и основание склона.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Ресурсо- и энергосберегающие преимущества: не выявлены.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применение в особых природных условиях: не выявлено. Возможность применения на действующих объектах размещения отходов: имеется. Период внедрения: до 1 месяца (краткосрочный период внедрения).

Количество внедрений – 45. Из них:

полигоны приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО – 13;

отвалы отходов добычи и/или обогащения полезных ископаемых – 2;

отвалы отходов обрабатывающих производств – 3;

объекты захоронения ТБО – 27 [F].

Применение технологий уплотнения отходов при их захоронении навалом, является обязательным условием эксплуатации полигона в ЕС [28].



Рисунок 5.19. Уплотнение отходов.



Рисунок 5.20. Компактор на полигоне ТБО, Чехия [28]

### **Экономика**

Экономические преимущества – увеличение вместимости объекта размещения отходов и срока эксплуатации объекта размещения отходов.

Ограничения для внедрения и использования технологии. В случае применения компакторов – высокая стоимость оборудования.

### **Движущая сила внедрения**

В ЕС законодательные требования. Требования по снижению эксплуатационных рисков (самовольные возгорания и т.п.).

### **5.2.2.3 Укрепление внешних откосов отходов при захоронении навалом (насыпью)**

#### **Описание**

Техника направлена на обеспечение устойчивости внешних откосов отвалов отходов при их захоронении навалом (насыпью). Ее цель - предотвращение эрозионных процессов и минимизация негативного воздействия на окружающую среду. Применяется для различных видов отвалов, кроме полигонов ТБО.

#### **Техническое описание**

Укрепление внешних откосов осуществляется с учетом угла откоса и физико-химических свойств отходов. Методы могут включать использование инженерных конструкций (габионы, геосетки, террасирование), укладку растительного слоя или других материалов, предотвращающих эрозию. Способ выбирается в зависимости от характеристик объекта.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Внедрение техники обеспечивает устойчивость массива отходов и предотвращает его оползание на прилегающие территории. Благодаря укреплению откосов снижается выброс неорганической пыли, что позволяет сохранить качество атмосферного воздуха в зоне воздействия объекта. Также предотвращается загрязнение почв за счет уменьшения смыва с поверхности отходов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Основными показателями эффективности техники являются целостность массива отходов и минимизация выбросов пыли. Экологический мониторинг в точках контроля, предусмотренных программой наблюдений за состоянием окружающей среды, должен подтверждать отсутствие изменений качества атмосферного воздуха и почв под воздействием объекта захоронения. Укрепленные откосы демонстрируют устойчивость к внешним природным воздействиям, включая осадки, ветровую и снежную нагрузку.

### **Кросс-медиа эффекты**

Технология оказывает положительное воздействие сразу на несколько сред. В атмосферном воздухе наблюдается снижение концентрации пыли. В почве предотвращается накопление загрязняющих веществ, поступающих с откосов. Косвенно снижается риск загрязнения поверхностных вод за счет уменьшения водной эрозии откосов.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Техника применима для широкого круга объектов захоронения отходов, за исключением полигонов ТБО. Применение не ограничено особыми климатическими или природными условиями. Внедрение возможно на уже эксплуатируемых объектах, а средний срок реализации составляет от одного до двух лет. Метод укрепления подбирается индивидуально с учетом характеристик отходов и параметров откосов.

Примеры заводов: рудник "Escondida", Чили; угольный разрез "Garzweiler", Германия; рудник "Highland Valley Copper", Канада.

### **Экономика**

Применение техники позволяет увеличить вместимость объекта захоронения отходов за счет оптимизации геометрии откосов. Это, в свою очередь, снижает удельные затраты на захоронение. Экономический эффект проявляется также в предотвращении возможных аварийных ситуаций и снижении затрат на восстановление поврежденной инфраструктуры. Инвестиции в укрепление откосов оправданы с точки зрения как экологической, так и экономической эффективности.

### **Движущая сила внедрения**

Основными факторами внедрения техники являются соблюдение требований экологической безопасности, необходимость предотвращения аварийных ситуаций, снижение выбросов загрязняющих веществ, а также стремление к эффективному

использованию территорий объектов захоронения отходов. Дополнительным стимулом служит выполнение требований к результатам экологического мониторинга и контрольных показателей.

#### **5.2.2.4. Гидроорошение ТБО при захоронении навалом (насыпью)**

##### **Описание**

Техника гидроорошения ТБО при их захоронении навалом (насыпью) предназначена для снижения пыления и предотвращения распространения загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Орошение водой или водными растворами позволяет увлажнить поверхность захороненного отхода, стабилизировать отвал и минимизировать выбросы неорганической пыли и летучих органических соединений. Техника применяется на полигонах и местах захоронения ТБО в различных климатических условиях.

##### **Техническое описание**

Гидроорошение выполняется путем равномерного распределения воды или специальных растворов по поверхности отходов с помощью систем оросительных установок (например, разбрызгивателей, дождевальных машин, мобильных опрыскивателей). Интенсивность и периодичность орошения выбираются с учетом климатических условий, состава отходов и требований к экологической безопасности. Орошение способствует снижению пыления, стабилизации верхнего слоя отходов и уменьшению проникновения кислорода, что тормозит биохимические процессы разложения и образование запахов.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Внедрение гидроорошения снижает выбросы пыли и летучих загрязнителей в атмосферу, что улучшает качество воздуха в зоне влияния объекта. Технология способствует стабилизации поверхности захоронения, снижая риск эрозии и ветрового раздува отходов. Уменьшается негативное воздействие на прилегающие почвы и водные объекты, обусловленное переносом загрязняющих веществ.

##### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Основным экологическим показателем является снижение концентрации неорганической пыли и летучих органических соединений в приземном слое воздуха. Контроль осуществляется посредством регулярного мониторинга воздушной среды в зонах санитарной охраны полигона. Увлажнение поверхности отходов способствует снижению скорости пыления, подтверждаемому стабильностью показателей качества воздуха и отсутствием повышения загрязнения почв в зонах контроля.

##### **Кросс-медиа эффекты**

Гидроорошение положительно влияет на атмосферу, снижая пылевую нагрузку. В почве сокращается миграция загрязняющих веществ за счет уменьшения ветровой

эрозии. Водные объекты защищаются от попадания загрязнений благодаря стабилизации поверхностного слоя отходов и снижению переноса веществ с помощью ветра.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Технология гидроорошения эффективна на полигонах ТБО с навальными способами захоронения отходов. Она применяется в различных климатических условиях, от умеренного до сухого и жаркого климата. Гидроорошение реализуется как на новых, так и на действующих объектах, требуя наличия систем подачи воды и оборудования для равномерного распределения влаги по поверхности отходов. Режим и частота орошения подбираются с учетом характеристик отходов и внешних климатических факторов.

Примеры заводов: полигон ТБО "Sakrete", Южная Корея; полигон ТБО "Bantar Gebang", Индонезия.

#### **Экономика**

Внедрение гидроорошения требует инвестиций в оборудование и водоснабжение, однако экономические преимущества достигаются за счет снижения затрат на мониторинг и контроль загрязнений, а также предотвращения экологических штрафов и затрат на восстановление окружающей среды. Технология способствует продлению срока эксплуатации полигона и повышению экологической безопасности объекта.

#### **Движущая сила внедрения**

Основными факторами внедрения гидроорошения являются требования по снижению выбросов загрязняющих веществ, нормативные ограничения по качеству атмосферного воздуха, необходимость предотвращения распространения пыли и неприятных запахов, а также стремление к улучшению экологической репутации предприятий, эксплуатирующих полигоны ТБО.

### **5.2.2.5. Послойное покрытие ТБО инертным материалом, не запрещенным к использованию**

#### **Описание**

Улучшение статики полигона путем предотвращение водной и ветровой эрозии массива отходов, снижение запахов, снижение биологических рисков от проникновения птиц, грызунов, и тем самым предотвращение разноса возбудителей заболеваний, снижения рисков пожаров и непредсказуемых химических реакций.

#### **Техническое описание**

Послойное покрытие отходов выполняется из природных, искусственных или комбинированных материалов, не подвергающихся никаким существенным физическим, химическим или биологическим преобразованиям, не проявляющих способность к генерации фильтрата.

Содержание загрязняющих веществ в таких материалах и экотоксичность выщелачивания являются незначительными, не подвергают опасности качество поверхностных и подземных вод [F].

#### **Достигнутые экологические выгоды**

На полигоне должен вестись учет размещенного, в качестве послыйного материала, инертного материала, не запрещенного к использованию, как засыпки стабилизатора.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

На европейских полигонах практикуется ежедневное изоляционное покрытие складированных ТБО. Для покрытия используют слой грунта толщиной не менее 0,15 м, либо используют инертный неопасный материал (компоненты строительных отходов) или другие подобные материалы, разрешенные для размещения на полигоне. Ежедневная изоляция препятствует рассеянию отходов, улучшает внешний вид полигона, препятствует распространению запахов и возникновению пожаров.

Контрольные параметры: отсутствие разноса отходов - отсутствие загрязнения почв на территории, прилегающей к объекту захоронения отходов, определяемое по результатам визуального контроля.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Экономически целесообразное использование инертных составляющих предварительно отсортированных и раздробленных отходов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Ограничения для внедрения и использования технологии: не выявлены. Исключая материалы в жидком или полужидком состоянии.

Количество внедрений – 59. Из них объекты захоронения ТБО – 59 [F].

На выбранных полигонах ТБО в Чешской Республике используются инертные материалы в качестве покрытия, их качественный состав определяется регламентом полигона [28].

#### **Экономика**

Снижение потребления почвы, ее замещение пригодной фракцией инертных отходов, строительных материалов и других материалов подобных свойств нормативно незапрещенных.

#### **Движущая сила внедрения**

Экономические факторы, мотивация к использованию инертных отходов и им подобных локально доступных материалов, в технологически приемлемых случаях.

### **5.2.2.6. Захоронение отходов, прошедших сортировку**

#### **Описание**

Технология захоронения отходов, прошедших сортировку, предполагает размещение на полигоне только тех фракций отходов, которые не подлежат дальнейшему переработке или использованию. Сортировка позволяет выделить и извлечь из общего потока материалы, пригодные для повторного использования,

переработки или компостирования, тем самым уменьшая объем отходов, направляемых на захоронение. Это снижает нагрузку на полигоны и уменьшает экологическое воздействие процесса утилизации.

### **Техническое описание**

Перед захоронением отходы проходят сортировочную обработку, которая может быть как механической (с использованием сит, магнитных сепараторов, оптических сортировщиков), так и ручной. После отделения перерабатываемых и органических фракций остаются преимущественно остаточные отходы, которые подвергаются уплотнению и захоронению на полигоне. Для обеспечения экологической безопасности применяются системы отвода фильтрата, контроля метана и аэрирование слоев, что позволяет минимизировать выбросы и влияние на окружающую среду.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращается объем отходов, поступающих на захоронение, что увеличивает срок эксплуатации полигона и снижает риски загрязнения почв, воздуха и водных объектов. Минимизируются выбросы парниковых газов за счет уменьшения биodeградируемых компонентов в захороненных отходах. Улучшается качество управления отходами и повышается эффективность системы обращения с отходами в целом.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Основные показатели эффективности включают снижение общего объема захороненных отходов, концентрацию метана и других загрязняющих веществ в зоне полигона, а также уменьшение показателей загрязнения почв и грунтовых вод. Эксплуатационные данные отражают стабильность и надежность работы систем сортировки и контроля параметров полигона.

### **Кросс-медиа эффекты**

Технология оказывает положительное воздействие на атмосферу за счет снижения выбросов парниковых и загрязняющих газов. В почве уменьшается концентрация токсичных веществ, а в водных объектах - уровень загрязнений за счет сокращения фильтрата и контролируемого отвода сточных вод.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Техника рекомендуется для полигонов ТБО и промышленных отходов с возможностью предварительной сортировки. Для успешного внедрения необходимы современные сортировочные линии и квалифицированный персонал. В зависимости от типа и состава отходов технология адаптируется к различным климатическим и природным условиям.

Примеры заводов: полигон Puente Hills, США; сортировочный комплекс "Nantes Atlantique", Франция; полигон "Shenzhen Waste Management Facility", Китай.

### **Экономика**

Внедрение сортировочных систем требует значительных первоначальных инвестиций, экономия достигается за счет сокращения расходов на захоронение и

дальнейшую эксплуатацию полигона. Повышение доли перерабатываемых материалов создает дополнительные экономические возможности и способствует развитию рынка вторичных ресурсов.

### **Движущая сила внедрения**

Законодательные требования по сокращению объема захораниваемых отходов, экологические нормативы по контролю загрязнений, а также экономические стимулы, связанные с повышением эффективности управления отходами и снижением затрат на эксплуатацию объектов захоронения.

### **5.2.2.7. Предотвращение пыления сухих пляжей при размещении отходов в хранилищах путем поддержания уровня "водного зеркала" выше верхней границы пляжей**

#### **Описание**

Техника применима для хранилищ отходов добычи и/или обогащения полезных ископаемых, хранилищ отходов обрабатывающих производств, хранилищ отходов производства электроэнергии и пара (золоотвалы).

#### **Техническое описание**

В хранилища отходы доставляются гидравлическим транспортом, после чего вода отстаивается, и большая часть воды возвращается в производственный цикл. Поддержание уровня водного зеркала выше отстоявшейся части отходов предотвращает образование сухих пляжей хранилища и предупреждает их пыление.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Предотвращение пыления сухих пляжей хранилищ отходов. Снижение выбросов пыли.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Контрольные показатели: отсутствие сухих пляжей в хранилище.

Отсутствие выбросов пыли неорганической с поверхности сухих пляжей - отсутствие изменений качества атмосферного воздуха под воздействием объекта размещения отходов в точках контроля, предусмотренных программой мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление воды.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Имеется возможность применения на действующих объектах размещения отходов. Период внедрения: до 1 месяца (краткосрочный период внедрения).

Количество внедрений – 92. Из них:

хранилища, предназначенные для хранения отходов добычи и/или обогащения полезных ископаемых, кроме отвалов – 33;

хранилища, предназначенные для хранения отходов обрабатывающих производств, кроме отвалов – 18;

хранилища, предназначенные для хранения отходов производства электроэнергии и пара, кроме отвалов – 41 [F].

### **Экономика**

Затраты на гидротранспортировку, электроэнергия.

### **Движущая сила внедрения**

Законодательные ограничения охраны окружающей среды. Нормативные требования по пылеподавлению.

## **5.2.2.8. Вермикомпостирование**

### **Описание**

Вермикомпостирование – это биотехнологический процесс разложения органической части ТБО с использованием специальных видов дождевых червей (например, *Eisenia fetida*). Технология позволяет получать высококачественный органический компост, который может применяться в сельском хозяйстве и ландшафтном озеленении. На полигонах ТБО вермикомпостирование используется для переработки отсортированных органических фракций с целью снижения объема отходов, поступающих на захоронение.

### **Техническое описание**

Процесс начинается с предварительной сортировки отходов для отделения органической фракции. После измельчения и частичного аэробного разложения органический материал помещается в специальные вермикультурные контейнеры или компостные кучи, где в оптимальных условиях (температура, влажность, аэрация) черви активно перерабатывают органику. За счет жизнедеятельности червей органические отходы разлагаются, превращаясь в гумусообразный компост. Процесс контролируется по параметрам температуры, влажности и времени переработки для достижения максимальной эффективности.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Вермикомпостирование позволяет значительно уменьшить массу и объем органических отходов, направляемых на захоронение, что снижает нагрузку на полигоны и уменьшает выбросы парниковых газов, в частности метана. Получаемый компост улучшает структуру почв, повышает их плодородие и способствует восстановлению экосистем. Технология способствует сокращению загрязнения почв и водных объектов, а также снижению неприятных запахов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Основные показатели включают снижение массы органических отходов (до 50-70 %), уменьшение концентрации метана и других парниковых газов, а также качество

полученного компоста по стандартам. Эксплуатационные данные отражают производительность вермикомпостирования, длительность цикла переработки и стабильность параметров процесса.

### **Кросс-медиа эффекты**

Технология положительно влияет на атмосферу за счет снижения эмиссии метана и летучих органических соединений. В почве улучшается биологическая активность и структура, что способствует устойчивости экосистем. Снижается загрязнение водных объектов благодаря уменьшению количества фильтрата и токсичных веществ.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Вермикомпостирование целесообразно применять на полигонах ТБО с возможностью предварительной сортировки для отделения органической фракции. Требуются условия поддержания температуры (15–25 °С), влажности (60 – 80 %) и аэрации для жизнедеятельности червей. Технология адаптируется к различным климатическим условиям, однако в холодных регионах требует теплоизоляции или использования закрытых систем.

Примеры заводов: полигон Gothenburg Recycling Center, Швеция; комплекс по переработке отходов Veolia, Франция; полигон Kowloon Bay, Гонконг.

### **Экономика**

Затраты на внедрение включают оборудование для сортировки, вермикультурные установки и контрольные системы. Экономическая выгода достигается за счет снижения затрат на захоронение отходов, получения ценной продукции - компоста, и сокращения экологических штрафов. Вермикомпостирование способствует развитию зеленой экономики и создает рабочие места.

### **Движущая сила внедрения**

Внедрение обусловлено необходимостью сокращения объемов захоронения отходов, требованиями экологического законодательства, повышением интереса к устойчивому управлению отходами и экономической выгодой от производства органических удобрений.

## **5.2.2.9. Захоронение золы и золошлаков от термической утилизации отходов**

### **Описание**

Захоронение золы и золошлаков, образующихся в результате термической утилизации отходов, представляет собой процесс безопасного размещения этих остаточных продуктов на специально оборудованных полигонах или в специально подготовленных хранилищах. Целью является предотвращение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, а также минимизация миграции вредных веществ из золы и золошлаков в почву, воздух и воду.

### **Техническое описание**

Зола и золошлаки, образующиеся при сжигании отходов на мусоросжигательных заводах или в установках пиролиза и газификации, подвергаются предварительной

обработке - например, стабилизации или твердеющему вяжущему воздействию для снижения подвижности токсичных компонентов. После обработки материал транспортируется на специально оборудованные площадки для захоронения. Полигоны оборудуются системами изоляции (гидроизоляция, защитные покрытия), дренажа и сбора фильтрата, а также системами мониторинга качества окружающей среды. Захоронение проводится с учетом требований по уплотнению и слоям покрытия для предотвращения доступа атмосферных осадков и ветрового распространения пыли.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Техника снижает риски загрязнения почв, грунтовых вод и атмосферного воздуха за счет надежного изолирования золы и золошлаков. Контроль и минимизация выбросов токсичных веществ предотвращают вредное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. Правильное захоронение способствует стабилизации отходов и уменьшению их реакционной способности.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Основные показатели включают уровень миграции токсичных веществ (тяжелых металлов, диоксинов, фуранов), состояние фильтрата и качество атмосферного воздуха на территории полигона. Эксплуатационные данные включают стабильность герметизации, герметичность защитных покрытий и эффективность систем сбора фильтрата.

### **Кросс-медиа эффекты**

Техника предотвращает перенос загрязняющих веществ через разные среды: ограничивает выбросы пыли и газов в атмосферу, снижает загрязнение грунтовых и поверхностных вод, минимизирует попадание токсичных веществ в почву. Таким образом, обеспечивается комплексная защита окружающей среды.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Техника применяется на объектах термической утилизации отходов, таких как мусоросжигательные заводы и установки пиролиза. Требуется наличие специализированных полигонов с инженерными системами защиты. Возможна адаптация под различные климатические условия и объемы отходов. Особое внимание уделяется выбору методов стабилизации золы перед захоронением.

Примеры заводов: мусоросжигательный завод Spittelau, Вена, Австрия; мусоросжигательный завод Ivry, Франция; установка пиролиза Shinagawa, Япония.

### **Экономика**

Захоронение золы и золошлаков требует значительных инвестиций в инженерные системы полигонов и обработку отходов. Однако экономическая эффективность достигается за счет снижения экологических рисков и затрат на ликвидацию последствий загрязнений. Правильное управление отходами способствует соблюдению нормативов и уменьшению штрафных санкций.

### **Движущая сила внедрения**

Основными факторами являются экологические нормативы и требования к безопасному обращению с отходами, необходимость минимизации рисков загрязнения, а также стремление к устойчивому управлению отходами и снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

### **5.2.3. НДТ, направленные на обработку фильтрата**

#### **5.2.3.1. Обработка фильтрата**

Обработка фильтрата включает в себя:

гидроорошение ТБО при их захоронении навалом (насыпью);

рециркуляцию фильтрационных и дренажных вод при захоронении ТБО;

использование фильтрата для поверхностного увлажнения отходов с целью предупреждения возгораний, пыления, разноса ветром.

#### **Описание**

Обработка фильтрата включает в себя его сбор со всей площади полигона дренажной системой со сведением в резервуар накопитель и перемещением насосом обратно на полигон и принудительный разлив по поверхности массива отходов.

#### **Техническое описание**

Присутствие воды является важным компонентом процессов на полигоне. Вода необходима для:

создания реакционной среды для переноса и перемещения реагирующих компонентов (в водных растворах переносятся ионы, молекулы, ферменты, бактерии и их сообщества). Когда отходы превышают предел водонасыщения и фильтрат начинает протекать через слой, достигаются оптимальные условия для образования газа;

важный компонент реакции – ее присутствие и участие в самой реакции необходимо для всех процессов ферментативного гидролиза и для ферментативных процессов. Если биогаз производится на идеально герметичном полигоне, сброс воды незначительный, и полигон не должен пересыхать [25].

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Метаногенная фаза превращает полигон в высокоэффективный биофильтр, снижающий химическое загрязнение фильтрата. В этой фазе фильтрат активно используется для увлажнения полигона, и поддержки фазы активной продукции метана [25].

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Источниками просачивающейся воды являются атмосферные осадки (большая часть), вода, образующаяся в процессе биodeградации органических веществ, а также вода, вытесняемая из пор под нагрузкой тела полигона. Первоначально водоемкость полигона (емкость сорбции отходов) насыщена, а после ее превышения (обычно через 1 – 3 года) происходит выброс инфильтрационной воды либо в водопроницаемый грунт и оттуда в грунтовые воды, либо, в случае водоупорного грунта, на поверхность и оттуда в поверхностные воды. Состав фильтрата и концентрация загрязняющих

веществ зависят от возраста полигона, химических и микробных процессов, происходящих на полигоне (их продукты обогащают фильтрат химическими и биологическими загрязнителями), а также количества просачивающегося фильтрата. Фильтрат содержит соединения серы (сульфаты, образующиеся в результате захоронения серной кислоты, различных промышленных солей и сульфата кальция, а также сульфиды, образующиеся в основном в результате биологического восстановления сульфатов), тяжелые металлы и синтетические органические соединения. Общее количество фильтрата зависит от первичной влажности ТБО (около 30 – 35 %), количества осадков и их испарения, формы и проницаемости полигона, а также типа преобладающих микробных процессов [25].

#### Управление фильтратом.

Согласно требованиям технической нормы, фильтрат должен быть сведен дренажными устройствами в герметичные, отстойники для сбора просачивающейся воды, объемы которых соответствуют требованиям нормы ČSN 83 8033 и рассчитаны для объема полигона. Водонепроницаемость отстойников проверяется путем испытаний герметичности с частотой один раз в 5 лет. Все измерения и оценки архивируются у оператора полигона.

Собранный в резервуарах отстойниках фильтрат будет возвращаться обратно в активные зоны полигона или, при необходимости (избыточное количество), отводится на станцию очистки сточных вод полигона или отвозится на экстерную контрактную станцию по очистке сточных вод.

Контроль качества и количества просачивающейся воды фильтрата проводится в соответствии с технической нормой ČSN 83 8036.

В случае непредвиденного отключения электроэнергии будет проверено наполнение резервуара для сбора фильтрационной воды, в связи с неработоспособностью насосов, и обеспечена своевременная транспортировка этой воды на соответствующие очистные сооружения.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Электрическая энергия, потребляемая насосами для принудительного возврата фильтрата на полигон и его разливу.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Неприменимо для неуправляемых, неглубокие и неуплотненных полигонов, так как представляют высокий риск загрязнения воды. Техника применима только при положительных температурах атмосферного воздуха.

В Чехии в регистре выданных комплексных разрешений указано 159 полигонов, все они оборудованы дренажной системой и резервуаром накопителем фильтрата, управление фильтратом зависит от технологических и технических характеристик полигона [28].

#### **Экономика**

Зависит от местных условий, типа полигона, его правилах эксплуатации, климатической зоне размещения, характере и интенсивности осадков.

### **Движущая сила внедрения**

Правила эксплуатации полигона, нормативные требования.

## **5.2.3.2. Обработка дренажных и ливневых вод перед их сбросом в водные объекты**

### **Описание**

Очистка дренажных и ливневых вод на объектах захоронения отходов направлена на предотвращение загрязнения водных объектов. Процесс включает удаление загрязняющих веществ до установленных нормативов, обеспечивая безопасный сброс очищенных вод в окружающую среду.

### **Техническое описание**

Дренажные и ливневые воды, образующиеся на объектах захоронения отходов, собираются в специальных резервуарах. В зависимости от состава загрязнений применяются различные методы очистки: механическая фильтрация, химическая обработка, биологическая очистка и другие. После достижения требуемых показателей качества воды осуществляется ее сброс в водные объекты или повторное использование в технологических процессах.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Внедрение данной техники способствует снижению риска загрязнения поверхностных и подземных вод. Это позволяет предотвратить распространение вредных веществ в окружающую среду, обеспечивая тем самым улучшение экологической обстановки в районе расположения объектов захоронения отходов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Основными контрольными параметрами служат показатели качества дренажных и ливневых вод после очистки. Они должны соответствовать требованиям, предъявляемым к сточным водам, допускаемым к сбросу в водоемы. Кроме того, отслеживается эффективность очистки в соответствии с программами экологического мониторинга.

### **Кросс-медиа эффекты**

Сведения отсутствуют.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Техника может быть применена на всех типах объектов захоронения отходов, включая полигоны ТБО. Однако при строительстве собственных очистных сооружений возможны значительные капитальные затраты. Среди примеров реализованных объектов можно отметить полигон отходов в Гамбурге (Германия), комплекс "Rumpke Sanitary Landfill" в штате Огайо (США) и объект по утилизации в Токио (Япония), где успешно функционируют системы очистки ливневых и дренажных вод.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Правила эксплуатации полигона, нормативные требования.

### **5.2.3.3. Рециркуляция фильтрационных и дренажных вод при захоронении ТБО**

#### **Описание**

Данная техника применяется на объектах захоронения ТБО и направлена на сокращение объема фильтрационных и дренажных вод за счет их возврата в тело полигона. После предварительной очистки воды подаются на верхнюю площадку, где равномерно распределяются по поверхности отходов.

#### **Техническое описание**

Фильтрационные и дренажные воды аккумулируются в специальных емкостях, откуда они с помощью насосов транспортируются и распыляются по поверхности массива отходов. Это способствует увлажнению отходов и активизации процессов биохимического разложения, особенно метаногенеза.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Рециркуляция позволяет снизить объем образования новых фильтрационных вод, одновременно способствуя ускоренному разложению органических компонентов и стабилизации тела полигона. Дополнительными эффектами становятся снижение вероятности возгораний, повышение плотности укладки и уменьшение пылеобразования.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При начальной стадии применения рециркуляции наблюдается снижение концентрации органических веществ в фильтрационных водах, что облегчает их последующую очистку. Эффект подтверждается в рамках экологического мониторинга состояния объекта.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Техника оказывает положительное влияние на атмосферный воздух за счет снижения пылеобразования и уменьшения выбросов летучих органических соединений. Вместе с тем, при длительном применении возможно накопление загрязняющих веществ в рециркулируемых водах, что требует регулярного контроля.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Метод применим при положительных температурах воздуха, поскольку в условиях минусовых температур возникает риск обмерзания оборудования и снижения эффективности распыления. Он наименее эффективен в регионах с избытком атмосферных осадков. Среди примеров успешного применения можно выделить объекты "Montecelli Waste Facility" в Италии, "Puente Hills Landfill" в Калифорнии (США) и "Alaminos Landfill" на Филиппинах, где технологии рециркуляции включены в систему управления отходами.

## **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Необходимость снижения нагрузки на системы очистки, повышение эффективности эксплуатации полигонов.

#### **5.2.3.4. Использование фильтрата для поверхностного увлажнения отходов с целью предупреждения возгораний, пыления, разноса ветром**

##### **Описание**

Данная техника предполагает использование образующегося на полигоне фильтрата в качестве увлажняющего агента для покрытия поверхности тела полигона. Мероприятие направлено на предотвращение возгораний, снижение пыления и минимизацию ветрового разноса легких фракций мусора.

##### **Техническое описание**

Фильтрат, собранный в дренажной системе, после первичной фильтрации или грубой очистки подается в систему распределения, состоящую из насосного оборудования, распределительных трубопроводов и форсунок. Он равномерно наносится на открытые поверхности массива отходов. Увлажнение осуществляется периодически, в зависимости от погодных условий и степени пересыхания поверхности. Распыление может осуществляться как вручную (например, с помощью автоцистерн), так и в автоматическом режиме при наличии соответствующего оборудования.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Поверхностное увлажнение отходов способствует стабилизации условий на полигоне, снижает риск самовозгорания, особенно в жаркие и засушливые периоды. Также значительно уменьшается количество пыли, поднимаемой ветром, и предотвращается разнос легких фракций мусора за пределы полигона, что способствует улучшению санитарного и визуального состояния прилегающей территории и снижению нагрузки на атмосферный воздух.

##### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

При регулярном применении техники наблюдается уменьшение числа случаев возгораний на теле полигона, снижение концентраций взвешенных частиц в воздухе на границе санитарно-защитной зоны, а также улучшение визуального состояния территории.

##### **Кросс-медиа эффекты**

Применение фильтрата для увлажнения не сопровождается дополнительной нагрузкой на другие среды окружающей среды, если соблюдены условия его предварительной очистки. Возможные риски связаны с повторным внесением загрязняющих веществ в тело полигона, что требует учета при проектировании системы.

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Метод подходит для большинства полигонов ТБО при наличии функционирующей системы сбора фильтрата. Применение наиболее эффективно в засушливых климатических условиях и в периоды высокой температуры воздуха. Примеры реализации данной практики можно найти на полигоне "Suffolk Landfill" (Великобритания), полигоне "Escoparque de Toledo" (Испания) и на объекте "Delhi Landfill Site" (Индия), где увлажнение тела полигона осуществляется как мерами противопожарной профилактики, так и для контроля над выбросами пыли и легких фракций.

### **Экономика**

Технология не требует существенных инвестиций, особенно при наличии уже существующей системы сбора фильтрата и оборудования для его распределения. Использование фильтрата, в отличие от чистой воды, позволяет снизить затраты на водоснабжение и повысить утилизацию внутри объекта.

### **Движущая сила внедрения**

Необходимость соблюдения требований пожарной безопасности, санитарно-эпидемиологических требований и природоохранного законодательства.

## **5.2.4. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения**

### **5.2.4.1. Рекуперация тепла**

#### **Описание**

Рекуперация тепла при захоронении отходов представляет собой применение технических решений, позволяющих улавливать и использовать тепловую энергию, образующуюся в процессе биохимического разложения отходов, термической стабилизации свалочного газа и других экзотермических процессов, происходящих в теле полигона. Эта энергия может быть преобразована в полезную тепловую или электрическую энергию, используемую на собственные нужды объекта или передаваемую во внешнюю сеть.

#### **Техническое описание**

В процессе рекуперации тепла могут использоваться различные инженерные решения. Например, в теле полигона монтируются теплообменники, которые собирают тепло, выделяемое при гниении органических фракций. При наличии системы сбора свалочного газа его сжигание в котлах-утилизаторах или микротурбинах также сопровождается выделением значительного количества тепла, которое может быть эффективно использовано. В некоторых случаях применяются термосифонные системы и тепловые зонды, передающие тепловую энергию с глубины на поверхность. Дополнительно может использоваться тепловой насос, повышающий температуру до уровня, пригодного, например, для отопления или горячего водоснабжения. Наилучший эффект достигается при комплексном подходе, когда техника сочетается с изоляцией тела полигона и системой сбора свалочного газа.

### **Достигнутые экологические выгоды**

За счет утилизации тепла, которое в противном случае терялось бы, уменьшается потребность в потреблении внешнего топлива. Это позволяет сократить выбросы парниковых газов, прежде всего углекислого газа. Одновременно снижается тепловая нагрузка на окружающую среду, что особенно актуально при высокой плотности полигонов рядом с населенными пунктами.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

На практике внедрение данной техники может обеспечить сокращение потребления тепловой энергии на 15 – 30 %, а также снижение выбросов углекислого газа до 20 – 50 килограммов на одну гигакалорию выработанного тепла. При использовании свалочного газа в энергоустановках коэффициент полезного использования его тепла может достигать 60–70 %. Также наблюдается снижение общих теплотерь за счет термоизоляции и утилизации тепла.

### **Кросс-медиа эффекты**

Использование внутреннего теплового потенциала полигона позволяет отказаться или существенно сократить потребление внешнего топлива. Это ведет к снижению выбросов в атмосферу, уменьшению потребности в транспортировке топлива и, как следствие, снижению шума, пыли и риска аварийных ситуаций. В ряде случаев снижается нагрузка на системы охлаждения и водоснабжения. Таким образом, техника оказывает положительное воздействие не только на атмосферный воздух, но и на другие среды.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Наибольшую целесообразность применение данной техники демонстрирует на полигонах с активным разложением органических отходов, где установлены системы сбора свалочного газа и существует потенциал для его энергетического использования. Возможна реализация как при строительстве новых объектов, так и при модернизации действующих. При этом требуется наличие потребителя тепла или системы его аккумулирования, особенно в условиях сезонных перепадов спроса.

Необходимо отметить, что данная техника применима при наличии соответствующих климатических и технико-экономических условий. Рекуперация тепла наиболее эффективна в регионах с умеренным климатом, где разложение отходов выделяет достаточное количество тепла для его использования. В аридных климатических зонах, где теплоотдача ограничена, внедрение рекуперации может быть нецелесообразным.

Например, на полигоне *Deponie Lerpe* в Германии внедрена система горизонтальных теплообменников, извлекающих тепло из тела полигона для обогрева административных зданий и теплиц. В Нидерландах, на полигоне *Nauerna Landfill*, используется система рекуперации тепла от труб газосбора, позволяющая нагревать воду для бытовых нужд и обогрева. В Японии, на полигоне *Yumeshima* в Осака, тепло,

извлекаемое из глубин полигона, применяется для поддержания температуры в технических помещениях и для использования в окружающей инфраструктуре.

### **Экономика**

Внедрение систем рекуперации требует капитальных вложений в теплообменное оборудование, системы теплоотвода и подключения к потребителям. Срок окупаемости может составлять от 3 до 6 лет в зависимости от объема производимого тепла, наличия потребителей и замещаемого энергоносителя (например, природного газа, мазута).

### **Движущая сила внедрения**

Ключевыми факторами являются рост стоимости энергоресурсов, необходимость соблюдения экологических требований и снижение углеродного следа, а также стремление повысить общую устойчивость объектов обращения с отходами. Дополнительную роль играет государственная политика в области энергосбережения и перехода к низкоуглеродной экономике.

#### **5.2.4.2. Дегазация и утилизация биогаза**

##### **Описание**

Дегазация и утилизация биогаза представляет собой технику, направленную на сбор, очистку и использование метана и других газов, образующихся в процессе разложения органических отходов на полигонах захоронения. Биогаз состоит преимущественно из метана, который является мощным парниковым газом, способным оказывать серьезное влияние на изменение климата. Внедрение системы дегазации позволяет собирать метан, очищать его от примесей и использовать для производства электроэнергии или тепла. Такой подход снижает выбросы парниковых газов, а также способствует использованию альтернативных источников энергии.

##### **Техническое описание**

Процесс дегазации включает установку системы скважин, которые размещаются по всему полигону для сбора биогаза. Система скважин соединяется с трубопроводами, которые направляют газ в сборную точку. Затем биогаз проходит через систему очистки, где удаляются вредные примеси, такие как углекислый газ и сероводород, что позволяет использовать его для производства энергии. Биогаз может быть использован для работы газовых турбин, генераторов или котлов, обеспечивая полигон электрической энергией или теплом. Для длительной эксплуатации системы дегазации важно регулярное техническое обслуживание и мониторинг состояния оборудования, чтобы поддерживать высокую эффективность процесса.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Основная экологическая выгода от применения дегазации и утилизации биогаза заключается в значительном снижении выбросов метана в атмосферу. Метан, являясь мощным парниковым газом, при попадании в атмосферу может способствовать глобальному потеплению, но утилизация биогаза снижает его выбросы на 80 – 95 %. В дополнение к этому дегазация предотвращает загрязнение грунтовых вод, так как газ,

накопившийся в отходах, может быть опасен для экосистемы при утечке. Внедрение данной технологии также способствует улучшению качества окружающей среды, снижая потенциальные риски для здоровья человека и экосистем в зоне захоронения отходов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение систем дегазации позволяет достичь значительного сокращения выбросов метана, который в первую очередь влияет на парниковый эффект. Современные системы способны снижать выбросы метана на 80-95 %, что снижает негативное воздействие на климат. Среднее количество биогаза, которое может быть собрано с одного полигона, составляет от нескольких сотен до нескольких тысяч кубометров в сутки в зависимости от объема захороненных отходов и их состава. Энергетическая эффективность таких систем также высока: в зависимости от объема и качества биогаза, получаемая энергия может полностью или частично покрывать энергетические потребности полигона, а излишки могут быть проданы в сеть.

### **Кросс-медиа эффекты**

Кросс-медиа эффекты при применении дегазации и утилизации биогаза включают значительное снижение выбросов парниковых газов в атмосферу. Этим достигается не только улучшение климата, но и сокращение загрязнения почвы и водоемов, так как минимизируется утечка метана и других веществ, которые могут попасть в грунтовые воды. Использование биогаза для производства энергии также способствует снижению нагрузки на традиционные источники энергии, что в свою очередь уменьшает количество выбросов углекислого газа в атмосферу от сжигания ископаемых топлив.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применение систем дегазации возможно на полигонах любого размера, однако наибольшую эффективность эта техника показывает на крупных объектах захоронения отходов, где содержится большое количество органических материалов. Важно учитывать, что для эффективной работы системы необходимы определенные климатические условия, так как в холодных регионах процесс разложения органических отходов замедляется, что снижает объем генерируемого биогаза. Также стоит учитывать, что для полноценного функционирования системы необходима разветвленная инфраструктура для сбора газа, его транспортировки и очистки.

На полигоне *Deponie Ihlenberg* в Германии действует система активной дегазации с утилизацией биогаза на когенерационной установке мощностью 2 МВт, что позволяет снижать выбросы метана и вырабатывать электроэнергию для сети. В Китае, на полигоне *Gao'antun Landfill* в Пекине, внедрена система вертикального газосбора с последующим сжиганием биогаза в котлах, обеспечивающих тепло для обслуживаемых объектов. В Канаде, на полигоне *Glencairn Landfill* в Онтарио, собранный биогаз используется для генерации электроэнергии, при этом реализована система мониторинга концентраций СН для эффективного контроля.

## **Экономика**

Внедрение системы дегазации требует значительных первоначальных инвестиций на установку оборудования и создание инфраструктуры, включая скважины, трубопроводы и систему очистки газа. Тем не менее, эти затраты окупаются за счет сокращения расходов на традиционные источники энергии, таких как природный газ или уголь. В зависимости от объема собранного биогаза система может обеспечить до 50 % энергетических потребностей полигона, что приводит к существенной экономии. Также можно получать доход от продажи излишков электроэнергии в сеть. Окупаемость системы обычно составляет от 5 до 10 лет, в зависимости от масштаба и использования биогаза.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения системы дегазации и утилизации биогаза являются как экологические, так и экономические факторы. В условиях усиливающегося давления экологических стандартов и законодательно установленных норм по снижению выбросов парниковых газов, установка таких систем становится необходимостью. Дополнительным стимулом является возможность получения прибыли от продажи энергии, произведенной из биогаза, а также повышение устойчивости к экологическим рискам, связанным с утечкой метана и загрязнением окружающей среды. Внедрение таких технологий способствует также укреплению репутации предприятия, повышая его социальную ответственность и прозрачность.

### **5.2.4.3. Внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления фильтратом и биогазом**

#### **Описание**

Внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления фильтратом и биогазом на полигонах захоронения отходов является важной мерой для повышения экологической безопасности и эффективности эксплуатации. Такие системы позволяют непрерывно отслеживать ключевые параметры полигона, управлять процессами отвода фильтрата и сбора биогаза, а также предотвращать аварийные ситуации, такие как утечки или неконтролируемые выбросы метана. Это особенно актуально для полигонов твердых коммунальных и промышленных отходов в Казахстане, где необходимо минимизировать воздействие на окружающую среду и соблюдать строгие экологические нормы.

#### **Техническое описание**

Системы автоматизированного мониторинга и управления включают комплекс оборудования и программного обеспечения. В их состав входят датчики для измерения уровня фильтрата, давления и состава биогаза (метана, углекислого газа, кислорода), температуры, влажности и кислотности в теле полигона. Программируемые логические контроллеры обрабатывают данные и управляют исполнительными устройствами, такими как насосы, клапаны и факельные установки. Системы SCADA обеспечивают

визуализацию данных, дистанционное управление и архивирование информации. Для передачи данных в реальном времени применяются сети GSM, 4G или LoRaWAN. Программное обеспечение использует алгоритмы управления, включая PID-регуляторы, и предиктивные модели для оптимизации процессов дегазации и откачки фильтрата. Системы управляют отводом фильтрата через насосные станции. Биогаз собирается через дегазационные скважины с возможностью регулировки давления и направляется на утилизацию, а также мониторингом целостности гидроизоляционных экранов для предотвращения утечек в грунтовые воды.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Автоматизированные системы существенно снижают выбросы метана за счет эффективного сбора до 90 % биогаза, предотвращая его попадание в атмосферу. Контроль фильтрата минимизирует риск загрязнения грунтовых вод, защищая водоносные горизонты. Мониторинг температуры и состава газа снижает вероятность самовозгорания отходов. Системы способствуют соблюдению экологических требований и повышают безопасность полигона.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение автоматизированных систем позволяет снизить выбросы метана на 70 – 90 % при эффективной дегазации, уменьшить риск утечек фильтрата на 95 % за счет непрерывного мониторинга, сократить выбросы летучих органических соединений на 50 – 80 %. Энергоэффективность утилизации биогаза достигает 35 – 40 % при использовании его для генерации электроэнергии. Системы обеспечивают полный учет фильтрата и биогаза, упрощая экологическую отчетность и контроль со стороны регулирующих органов.

### **Кросс-медиа эффекты**

Системы оказывают положительное воздействие на окружающую среду, снижая загрязнение грунтовых вод и атмосферы за счет предотвращения утечек фильтрата и выбросов метана. Утилизация биогаза для выработки энергии сокращает потребность в ископаемом топливе. Незначительное увеличение энергопотребления для работы датчиков и насосов компенсируется экономией за счет энергии, вырабатываемой из биогаза. Кросс-медиа эффект оценивается как положительный.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Техника может быть внедрена на всех полигонах с соответствующей инфраструктурой. На устаревших полигонах внедрение возможно после реконструкции, включающей установку систем дегазации и гидроизоляции. Эффективность систем зависит от точной настройки датчиков, регулярного технического обслуживания и наличия квалифицированного персонала или подрядчиков. Примеры успешного применения включают полигон Filborna в Швеции, где SCADA-системы обеспечивают сбор 85 % биогаза и генерацию 10 МВт электроэнергии, полигон Ihlenberg в Германии.

### **Экономика**

Капитальные затраты на внедрение систем составляют от 20 до 100 млн тенге в зависимости от масштаба полигона и уровня автоматизации. Операционные расходы на обслуживание и электроэнергию оцениваются в 2 – 5 млн. тенге в год. Экономический эффект достигается за счет доходов от утилизации биогаза, снижения штрафов за экологические нарушения и сокращения затрат на ликвидацию аварий, таких как утечки или возгорания. Окупаемость составляет 3 – 7 лет. Финансирование возможно через государственно-частное партнерство, гранты международных организаций, таких как ЕБРР или ПРООН, либо бюджетные программы.

### **Движущая сила внедрения**

Внедрение систем обусловлено требованиями Экологического кодекса по снижению выбросов парниковых газов и обеспечению экологической безопасности полигонов. Дополнительными факторами являются государственная программа "Цифровой Казахстан", поддержка цифровизации и концепция "Зеленая экономика". Инвесторы и страховые компании заинтересованы в снижении рисков аварий, что также способствует внедрению техники.

#### **5.2.4.4. Применение систем автоматизированного управления процессами эксплуатации полигона**

##### **Описание**

Применение систем автоматизированного управления технологическими процессами эксплуатации полигона направлено на оптимизацию операций, повышение энергоэффективности и снижение экологических рисков. Такие системы обеспечивают управление процессами уплотнения отходов, рекультивации, работы техники и интеграции данных для принятия решений в реальном времени, минимизируя влияние человеческого фактора. Это позволяет продлить срок службы полигона и улучшить его экологические показатели.

##### **Техническое описание**

Системы автоматизированного управления включают контрольно-измерительные приборы, такие как GPS и датчики нагрузки на технике, датчики плотности отходов и метеостанции для учета осадков. Программно-аппаратный комплекс состоит из программируемых логических контроллеров, систем SCADA с интерфейсами визуализации и модулей связи, использующих 4G или Wi-Fi. Алгоритмы управления оптимизируют маршруты техники, регулируют степень уплотнения отходов и планируют рекультивацию на основе данных о накоплении отходов. Цифровые двойники полигона позволяют моделировать процессы заполнения, фильтратообразования и выбросов. Системы управляют движением и работой техники для равномерного уплотнения отходов, нанесением изолирующих слоев и озеленением в процессе рекультивации, а также мониторингом метеоусловий для предотвращения эрозии и переувлажнения.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Оптимизация уплотнения отходов сокращает объем выделяемого биогаза на 10–20 % за счет уменьшения анаэробного разложения. Автоматизация маршрутов техники снижает расход топлива на 15 – 25 %, уменьшая выбросы углекислого газа. Точный контроль рекультивации предотвращает долгосрочное загрязнение почвы и вод. Системы минимизируют ошибки операторов, снижая риск перегрузки полигона или нарушения его структуры, что повышает экологическую безопасность.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Применение систем увеличивает плотность отходов на 10 – 15 %, сокращает расход топлива техникой на 15 – 25 %, уменьшает выбросы летучих органических соединений и пыли на 20 – 30 % за счет минимизации открытых участков полигона. Рекультивация ускоряется на 20 – 30 % благодаря точному планированию. Системы снижают вероятность аварийных ситуаций, таких, как оползни, на 50 – 70 %.

### **Кросс-медиа эффекты**

Системы оказывают положительное воздействие, снижая эмиссии в атмосферу, пыление и эрозию почвы, а также сокращая потребление топлива. Незначительное энергопотребление для работы систем компенсируется экономией топлива. Кросс-медиа эффект оценивается как положительный.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Техника применима на полигонах любого масштаба, но наиболее эффективна на крупных объектах, таких как полигоны в Астане или Алматы. Для внедрения требуется установка GPS и датчиков на технику, обеспечение надежной инфраструктуры связи и обучение персонала. Примеры применения включают полигон Lucas Heights в Австралии, где GPS-управление бульдозерами повысило плотность отходов на 12 % и сократило расход топлива на 20 %, полигон Puente Hills в США, где SCADA ускорила рекультивацию на 25 %.

### **Экономика**

Капитальные затраты составляют от 15 – 80 млн. тенге, включая GPS, SCADA, датчики и программное обеспечение. Операционные расходы на обслуживание оцениваются в 1 – 3 млн. тенге в год. Экономический эффект достигается за счет экономии топлива, снижения затрат на рекультивацию и увеличения срока службы полигона. Окупаемость составляет 2 – 5 лет. Финансирование возможно через государственно-частное партнерство, гранты международных организаций или бюджетные программы.

### **Движущая сила внедрения**

Требования Экологического кодекса по оптимизации эксплуатации полигонов, программы "Цифровой Казахстан" и концепции "Зеленая экономика". Дополнительными факторами являются необходимость продления срока службы полигонов в условиях ограниченности земель и экономические стимулы за счет снижения затрат и повышения доходов от утилизации биогаза.

## 5.2.5. НДТ, направленные на обработку свалочного газа

### 5.2.5.1. Очистка свалочного газа

#### Описание назначения потенциального НДТ

Очистка свалочного газа применяется в зависимости от характеристик газа и его предполагаемого использования. Установки по переработке свалочного газа применяются в случаях, когда качество газа не соответствует требованиям, предъявляемым производителем установленной когенерационной установки.

#### Техническое описание

Если свалочный газ используется в энергетических целях, его нужно очистить от нежелательных загрязняющих веществ и примесей. В основном это касается удаления влаги,  $H_2S$ , силоксанов и других второстепенных компонентов для предотвращения коррозии и механических повреждений когенерационной установки и сопутствующего оборудования при длительном сжигании свалочного газа. Чаще всего оборудование для очистки свалочного газа состоит из конденсационной части, которая удаляет влагу, и активированного угля для удаления других компонентов.

#### Достигнутые экологические выгоды

Очищенный газ используется в установках в энергетических целях. Снижение выбросов метана.

#### Экологические показатели и эксплуатационные данные

Свалочный газ может использоваться в следующих целях:

регулирование качества природного газа и его распределение или потребление ( процесс SNG);

сжигание в мотор-генераторе, приспособленном для работы на биогазе (двигатель внутреннего сгорания или газовая турбина). Двигательная установка обычно питается от электрогенератора. Однако он также может управлять другими устройствами, например: холодильной установкой, компрессором, ирригационным насосом, компрессором теплового насоса и т. д. Возможно и использование отходящего тепла ( установка теплообменников для охлаждения двигателя и выхлопных газов);

прямое сжигание для целей отопления в биогазовых горелках (сушилки, теплицы, котельные и т.д.);

сжатие газа для приведения в движение транспортных средств. Обычно эффективно одновременно очищать газ во время сжатия, а затем компримировать обогащенный метан;

использование отходов  $CO_2$  в производстве продуктов питания. Отходы  $CO_2$  можно извлекать и эффективно очищать с помощью скрубберов, что позволяет улучшить общий экономический эффект системы.

Выбор системы пользователя является ключевым вопросом для каждого проекта, но он во многом зависит от местных условий (например, транспортировка газа к более

удаленному потребителю требует более высоких затрат на газопровод и более высоких затрат на насосную установку, а следовательно, и ее цену). Решающим фактором является то, какая форма энергии наиболее легко продается и реализуется в данном месте. Тип системы потребителя, в свою очередь, определяет требования к мощности и выходному давлению газового насоса, а также к чистоте газа (требуемой степени очистки) [25].

### **Кросс-медиа эффекты**

Часто встречаются когенерационные установки, не оснащенные системой очистки газа на входе, поскольку ремонт любого повреждения двигателя обходится дешевле, чем затраты на приобретение и эксплуатацию установки по очистке свалочного газа.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо при достаточном объеме продукции газа и установке когенерационной установки большой мощности.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Технологические параметры газа, потребность очистки, сублимации и т.п.

## **5.2.5.2. Когенерация**

### **Описание**

Когенерация, или совместное производство тепла и электроэнергии, на объектах захоронения отходов представляет собой использование энергетического потенциала свалочного газа (биогаза) для одновременной выработки электрической и тепловой энергии. Это позволяет не только утилизировать метан – основной компонент свалочного газа и мощный парниковый газ, но и обеспечить энергетическую самодостаточность объекта и снизить потребление ископаемых ресурсов.

Мощность установки по переработке метана (сжигание с когенерацией энергии) зависит от развития добычи свалочного газа.

### **Техническое описание**

Газозаправочная станция – оборудована парой нагнетателей. Используется для принудительного извлечения свалочного газа из тела полигона, его сжатия и транспортировки к когенерационным установкам. Состав свалочного газа постоянно анализируется.

Когенерационные установки – тепловая утилизация свалочного газа обеспечивается в двух когенерационных установках. Вырабатываемая тепловая энергия используется на территории полигона для отопления производственного здания. Вырабатываемая электроэнергия передается в распределительную сеть.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Хотя сжигание свалочного газа в сочетании с выработкой электроэнергии требует больших инвестиций, окупаемость инвестиций составляет 4 – 5 лет, а также выгодна с точки зрения защиты окружающей среды.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Заполнение полигона всегда должно осуществляться снизу вверх таким образом, чтобы сохранялись минимальные площади переходов в отдельных секциях. ТБО необходимо концентрировать в центре полигона, периметр полигона можно использовать для утилизации инертных материалов [25].

Типичный состав свалочного газа показывает содержание метана в диапазоне, чаще всего около 60 – 63 % объемных долей, однако используются также полигоны, газ которых содержит 45 % объемных долей.  $\text{CH}_4$  и меньше. Характерным явлением на молодых полигонах является высокое содержание  $\text{CO}_2$  (более 35 % объемных долей), что свидетельствует о том, что кислотогенная фаза еще интенсивно продолжается. С постепенным развитием метаногенеза содержание  $\text{CO}_2$  уменьшается и одновременно увеличивается содержание  $\text{CH}_4$ .

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение потребления электроэнергии и тепла.

### **Технические соображения, касающиеся применяемости**

Техника особенно эффективна на полигонах с объемом поступающих отходов более 100 тыс. тонн в год и продолжительным сроком эксплуатации. Требуется наличие стабильной генерации биогаза (не менее 200 м<sup>3</sup>/ч), развитой инфраструктуры и возможности для использования тепла. Может быть реализована на новых объектах, а также на действующих полигонах с последующей модернизацией.

На полигонах Deponie Pohlsche Heide в Германии установлена когенерационная установка, работающая на метане, извлекаемом из тела полигона, что позволяет вырабатывать до 1,5 МВт электроэнергии и покрывать собственные нужды объекта. В Китае, на полигоне Laogang Landfill в Шанхае, когенерационная система на базе газопоршневых установок вырабатывает как электрическую энергию, так и тепло для нужд близлежащих предприятий. В США, на объекте Puente Hills Landfill в Калифорнии, одна из крупнейших когенерационных установок на свалочном газе обеспечивает более 50 МВт электричества, подаваемого в энергосистему.

### **Экономика**

Использование свалочного газа вполне реально для достаточно крупных полигонов, на которых размещаются бытовые отходы, с общим годовым объемом приема отходов около 100 000 тонн. Если на полигоне имеется достаточный запас органического вещества, хорошо налаженная система дегазации, осуществляется орошение фильтратом полигона и установлена достаточно мощная когенерационная установка, то он способен вырабатывать сравнительно значимое количество электроэнергии [25].

Инвестиции в когенерационные установки варьируются от 300 млн. до 1 млрд. тенге в зависимости от мощности. Срок окупаемости составляет 3 – 6 лет при продаже электроэнергии и утилизации тепла. Доходы могут быть увеличены за счет участия в системе торговли углеродными единицами, "зеленых" сертификатов или программ поддержки ВИЭ.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов парниковых газов и выполнение международных обязательств.

Повышение энергоэффективности и устойчивости объекта.

Снижение эксплуатационных затрат и рост энергонезависимости.

Государственная поддержка развития ВИЭ и использование потенциала метана в рамках национальных проектов (например, по линии "Зеленая экономика" и ESG).

### **5.2.5.3. Сжигание на факелах**

#### **Описание**

Функция устройства заключается в безопасной утилизации свалочного газа. Факелы используются для сжигания отходящих газов или избыточных газов при остановке когенерационных установок. Это устройство может сжигать свалочный или шламовый газ.

#### **Техническое описание**

Факел - это специальное технологическое устройство для дополнительного сжигания биогаза или природного газа, который используется в качестве излишков или в случае отказа основной технологии сжигает газ, который в противном случае выбрасывался бы в атмосферу.

Факел оснащен всеми средствами безопасности, включая взрывозащищенный предохранитель, систему розжига и контроля пламени. Если давления биогаза недостаточно, факел можно дополнить взрывозащищенным вентилятором.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов загрязняющих веществ в результате внештатных и аварийных ситуаций на объекте захоронения отходов (горение отходов и т.п.), а также снижение загрязнения воздуха запахом (метан).

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Места, подверженные риску взрыва из-за скопления и интенсивного выброса свалочного газа, будут обозначены соответствующими знаками с символом опасности, а также будут соблюдаться меры противопожарной безопасности, предусмотренные соответствующими правовыми нормами.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Выбросы продуктов сгорания на факеле в воздух. Простое сжигание свалочного газа в факеле приводит к тепловому загрязнению, а также к загрязнению воздуха.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо на полигонах, где сбор свалочного газа не осуществляется и даже не рассматривается по разным причинам. На полигонах с преобладанием инертных материалов метаногены развиваются неохотно и в недостаточном количестве.

Сжигание газа в факелах часто критикуют как расточительное и негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

В настоящее время в Чешской Республике требования к системам дегазации полигонов регламентируются стандартом ČSN 83 8034 "Захоронение отходов. Дегазация свалок", который устанавливает принципы проектирования, строительства, испытаний и эксплуатации комплектов газового оборудования для поверхностных свалок отходов, на которых образуется свалочный газ. Система активной дегазации предназначена для нужд энергетической утилизации свалочного газа или для его принудительного сжигания. Свободный выброс газа в атмосферу не допускается. Активная дегазация полигона определяется стандартом как дегазация под давлением, которое оказывается во внешнем устройстве (например, заправочная станция), подключенное к системе дегазации. Активная система дегазации обычно завершается с помощью устройства для утилизации в виде высокотемпературные факелы (горелки) или когенерационные установки, что позволяет одновременно использовать энергию газа производство тепла и электроэнергии. В некоторых случаях для утилизации используется биоокислительный фильтр.

#### **Экономика**

Низкая стоимость оборудования, простота строительства.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижения экологических рисков взрыва, пожара, снижение запаха.

### **5.3. Техники при закрытии и ликвидации объектов захоронения отходов**

#### **5.3.1. Устройство верхнего изоляционного покрытия**

##### **Описание**

Целью герметического закрытия полигона является предотвратить потенциальное загрязнение окружающей среды в месте расположения объекта, после окончания захоронения отходов на полигоне или его участке. Герметическое изолирование верхнего слоя полигона необходимое условие в ЕС для полигонов размещения ТБО и опасных отходов. Герметичное покрытие поверхности должно предохранять против проникновения поверхностных и дождевых вод в тело полигона.

##### **Техническое описание**

Верхнее изоляционное покрытие создается с целью обеспечения изоляции отходов и предотвращения попадания загрязняющих веществ из отходов в окружающую среду, сохранения устойчивости массива отходов, организации отвода биогаза для объектов захоронения ТБО, обеспечения сохранности ресурсного потенциала отходов, вписывания объекта размещения отходов в окружающий ландшафт.

Покрытие может создаваться из природных и (или) искусственных материалов [F].

Герметическое покрытие должно позволять отвод свалочных газов с простора полигона. На полигонах, где происходила дегазация метана, оборудование по сбору и отводу газов, должно быть в функциональном состоянии в течение всего времени продукции свалочного газа. При закрытии полигона необорудованного дегазацией, нужно проверить продукцию свалочного газа, при его обнаружении нужно реализовать меры по его утилизации (согласно местным условиям, оборудование по энергетическому использованию, дожиг на факеле, утилизация на биофилтре). Наклон герметизирующего слоя закрывающей поверхность полигона, по оседанию тела полигона не должен быть меньше, чем 3 %, чтобы происходило стекание дождевых вод. Конечная форма тела полигона должна быть оформлена так, чтобы по окончанию усадки полигона, дождевые воды стекались гравитационно [24].

При закрытии полигона вопрос его орошения решается в соответствии с местными условиями (поддержка процессов продукции свалочного газа).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Предотвращение пыления.

Предотвращение разлета легких фракций отходов (для объектов захоронения ТБО).

Предотвращение неорганизованных эмиссий биогаза (для объектов захоронения ТБО).

Предотвращение распространения запахов.

Предотвращение ветровой и водной эрозии, в результате которой могут быть обнажены размещенные отходы.

Восстановление растительного сообщества на поверхности полигона и вписывание объекта размещения отходов в окружающий ландшафт.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Покрытие поверхности полигона состоит из нескольких слоев: слой выравнивания, изолирующий слой - пленка, защитный слой. Как правило, дренажный слой и дегазационное оборудование [24].

Дренажные геокомпозиаты обычно применяются при рекультивации полигонов. Дренажный композит, размещенный под слоем герметизирующей изоляции, обеспечивает сбор и отвод газов, образующихся в теле полигона, а дренажный композит, размещенный над слоем герметизирующей изоляции, обеспечивает отвод дождевой воды, просочившейся через рекультивационный слой.

В качестве заменителя минеральной прокладки может использоваться бентонитовый геокомпозиат - это продукт, состоящий из слоя натурального высококачественного натриевого бентонита, соединенного с пленкой HDPE. Он состоит из слоя ( $3,7 \text{ кг/м}^2$ ) из высококачественного натурального натриевого бентонита

, непосредственно соединенного с геомембраной HDPE. Данный продукт позволяет заменить или дополнить уплотненную глину при рекультивации полигонов в соответствии с требуемой непроницаемостью [36].

Свойства слоя выравнивания (толщина и проницаемость) проектируются в соответствии и с учетом использования всех слоев покрытия. Толщина выравнивающего слоя при стандартных условиях не должна превышать 0,5 м. В технически обоснованных случаях возможно ее увеличение до 1,5 м (например, при моделировании склона). Материал для выравнивающего слоя должен иметь следующие свойства:

эффективный угол трения/скольжения должен приближаться к углу склона (1:3 -18, 1:2,5:22, 1:2 -26);

допускать возможность уплотнение материала до 80 % (95 %).

В Чешской Республике нормативно запрещено использовать для выравнивающего слоя материалы в полужидком состоянии, например иловые осадки сточных вод.

Для герметизации полигонов ТБО вернее покрытие используется однослойный гермитизационный слой. Для верхнего покрытия полигонов опасных отходов гермитизационный слой должен быть двойным.

Гермитизационные слои могут быть:

минеральные, толщиной 50 см, коэффициентом фильтрации  $k \leq 1 \cdot 10^{-8}$  м/с;

пленка HDPE минимальной толщины 1 мм, при покрытии склона пленка должна иметь двухстороннюю шероховатость поверхности;

бетонитовый мат с соответствующим коэффициентом фильтрации.

Если при гермитизации дна полигона использовалась пленка HDPE, то для верхнего слоя рекомендуется использовать идентичный материал, если это технически возможно. На склоне 1:3 возможно использование для покрытия гравий или дробленый бетон (как фракция инертного отхода). При более крутом склоне рекомендуется использовать геосинтетические элементы [24].

Контрольные показатели технологии: отсутствие выбросов загрязняющих веществ, отсутствие неорганизованных эмиссий биогаза, отсутствие изменений качества компонентов окружающей среды (подземных вод, атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, растительности и животного мира) под воздействием объекта размещения отходов в точках контроля, предусмотренных программой мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды [F].

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение общей антропогенной нагрузки.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо для объектов захоронения отходов приповерхностного расположения:

полигонов приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО;

объектов захоронения ТБО [F].

Неприменимо на полигонах с большим углом заложения откосов.

Способ использования рекультивированных участков полигона должен соответствовать гигиеническим нормам.

Количество внедрений в РФ – 45. Из них:

полигоны приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, кроме ТБО – 15;

хранилища, предназначенные для хранения отходов обрабатывающих производств, кроме отвалов – 2;

хранилища, предназначенные для хранения отходов производства электроэнергии и пара, кроме отвалов – 1;

объекты захоронения ТБО – 28.

Возможность применения на действующих объектах захоронения отходов имеется.



Рисунок 5.21. Рекультивация полигонов, укладка изоляционных слоев [36].

Зона обращения с отходами Бенатки-над-Йизерой – III этап рекультивации полигона. Полигон, который использовался для захоронения как бытовых, так и промышленных (опасных) отходов. Это сравнительно крупный полигон, на котором ведутся работы по рекультивации с целью улучшения экологической обстановки в данной местности. Проект предусматривал рекультивацию полигона площадью 41000 м<sup>2</sup>. В связи с уклоном склонов в грунтовом слое использован армирующий слой NOTEX.

Время реализации 2018 – 2020 годы. Затраты порядка 1 млрд. тенге[34].

### **Экономика**

Низкие затраты на обустройство гидроизолирующего слоя в случае наличия местных глинистых материалов. Период внедрения: до 1 года (среднесрочный период внедрения).

### **Движущая сила внедрения**

Нормативные требования по рекультивации полигонов.

### **5.3.2. Рекультивация объектов захоронения отходов**

#### **Описание**

Целью рекультивации полигона является создание подходящих технических условий для последующего использования территории. Рекультивация – это восстановление участка расположения полигона с его зачленением в ландшафт и использование в подходящих целях. Основным мероприятием при рекультивации участков закрытых полигонов является создание изолирующего слоя грунта.

#### **Техническое описание**

Рекультивация проходит путем закрытия тела полигона слоями различных материалов.

##### **Укладка дренажных слоев**

Дренажные геокомпозиаты обычно применяются при рекультивации полигонов. Дренажный композит, размещенный под слоем герметизирующей изоляции, обеспечивает сбор и отвод газов, образующихся в теле полигона, а дренажный композит, размещенный над слоем герметизирующей изоляции, обеспечивает отвод дождевой воды, просочившейся через рекультивационный слой.

##### **Укладка рекультивационных слоев**

Рекультивационный слой укладывается сверху герметизирующего для охраны перед возможным повреждением герметизации от технических и биологических процессов. Толщина этого слоя зависит от предполагаемого дальнейшего использования участка. В случае, если склон полигона будет покрыт травой и кустарниками с неглубокой корневой системой, то толщина слоя может быть 80 – 90 см, включая слой дренажа. В случае предполагаемой посадки деревьев (лесополоса, фруктовый сад и т.п.) толщину нужно увеличивать до максимально 3 м. Полигоны без нормативных требований по герметизации могут иметь толщину рекультивационного слоя согласно предполагаемому в будущем использованию.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение антропогенных воздействий на природную среду.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Поверхности полигонов с размещенными инертными отходами не обязательно закрывать герметически. В этом случае необходимо взвесить необходимость поддержания функциональной системы дренажа фильтрата.

На полигонах с организованным сбором свалочного газа его сбор и продолжается в период рекультивации полигона. В зависимости от продуктивности добычи возможно энергетическое использование, как топлива в когенерационных установках, дожиг на факеле, или утилизация на биофильтре.

У склонов полигонов с крутизной более, чем 1:3 рекомендуется укладка каркаса для удержания слоя.

### **Кросс-медиа эффекты**

Возвращение территории размещения полигона в природоохранный и/или с/х оборот.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Закрытие полигона должно учитывать местные условия, нормативную базу с учетом степени выщелачиваемости отходов, захороненных на полигоне.



Рисунок 5.22. Укладка рекультивационных слоев.



Рисунок 5.23. Окончательная засыпка гумусом подготовленного откоса тела полигона.



Рисунок 5.24. Откос полигона с противозерозионным покрытием и видимым горизонтальным дегазационным дренажем.

Зона обращения с отходами Бенатки-над-Йизерой – III. этап рекультивации полигона [35].

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. В зависимости от предполагаемого использования затраты на рекультивацию могут сильно отличаться.

#### **Движущая сила внедрения**

Законодательные требования, местные условия.

### **5.3.3. Высев многолетних трав и травосмеси местных пород, озеленение, предотвращение эрозии почв**

#### **Описание**

Рекультивационный слой – последний слой покрытия полигона размещается для охраны покрытия полигона от повреждений под влиянием климатических и биологических процессов. На этом слое высаживается вегетация, для предотвращения ветряной и водной эрозии почв, миграции почвенных слоев. Улучшение ландшафта.

#### **Техническое описание**

Толщина рекультивационного слоя зависит на предполагаемом использовании территории после рекультивации. В случае, если склоны полигона будут покрыты травой и кустарниками с мелкой корневой системой, то толщина слоя может варьироваться 80 - 90 см, включая слой дренажа. В случае предполагаемой посадки деревьев (лесопосадка) толщину нужно увеличивать, максимальная толщина слоя до 300 см.

При выборе растений для посадки приоритет отдается местным видам растений.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Восстановление рекультивированного полигона для технически приемлемого использования, как зеленой зоны. Участки закрытых полигонов используют под лесопосадки, зоны отдыха, площадки для гольфа, стадионы и спортивные площадки, луга и пашни, огороды, фруктовые сады, дачные кооперативы.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Полигоны с размещением инертных материалов, где нет регуляторных требований по герметичному покрытию, могут иметь толщину рекультивационного покрытия согласно предполагаемому последующему использованию. У полигонов с крутизной склонов более, чем 1:3 рекомендуется укладка каркаса для фиксации рекультивационного слоя. Наиболее пригодными для рекультивационного слоя считаются глиноземы и суперпесчаные почвы. Рекультивационный слой, на котором предполагается посадка озеленения, в своем поверхностном слое должен содержать плодородную или биологически активированную почву. Толщина плодородного слоя не должна быть меньше, чем 0,1 м (при общей толщине слоя от 80 см до 300 см). На рекультивированной поверхности герметизированного сверху полигона не рекомендуется посадка деревьев, так как их корни могли бы повредить слои изоляции. Состав посева и его количество должно рассматриваться в соответствии с условиями среды. При выборе нужно давать приоритет травам, которые имеют способности:

создать за короткий промежуток времени достаточное количество растительности;

быть стойкими к недостатку влаги, холоду, болезням и плесени;

создать разветвленную густую корневую систему с распределением в плоскости поверхностного слоя.

Посадка растений производится в начале весны и до конца августа. В зонах с характерными обильными осадками рекомендуется посадка в конце лета начале осени. Места, где нет всходов, нужно досеять дополнительно. Досев 15 – 20 кг семян на гектар. При необходимости (недостаток влаги) растения нуждаются в поливе после посадки. Высаженные травы косят, минимально два раза за сезон. В засушливые периоды посаженные растения на рекультивированных полигонах поливают. Возможно использование азотных удобрений для поддержания роста растений, 40 кг на гектар [24].

### **Кросс-медиа эффекты**

Возвращение участка полигона в природоохранный или с/х оборот.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо, использование согласно местным условиям расположения.



Рисунок 5.25. Биологическая рекультивация [25].

### **Экономика**

Затратность и объем работ по рекультивации закрытых полигонов зависят от способа (вида) последующего использования участка и климатических условий.

Движущая сила внедрения

Нормативные требования по рекультивации полигона.

## **5.4. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов загрязняющих веществ**

### **5.4.1. 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 сгребающего устройства для нескольких отделений. К недостаткам их относится необходимость применения большего числа отстойников вследствие ограниченной ширины.

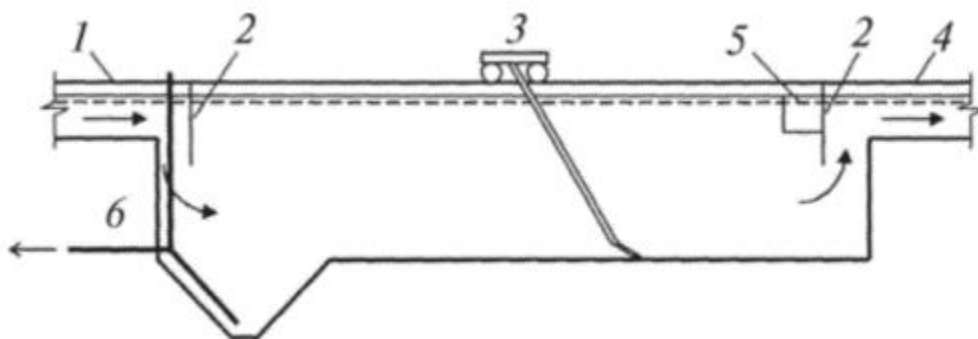


Рисунок 5.26. Метод отстаивания.

1 – подводящий лоток; 2 – полупогружная доска; 3 – скребковая тележка; 4 – отводящий лоток; 5 – жиросборный лоток; 6 – удаление осадка.

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: большую глубину, что повышает стоимость их строительства, особенно при наличии грунтовых вод; 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 к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

Основные факторы, влияющие на цену очистных сооружений:

требования к качеству очищенной воды и качественный состав загрязненных сточных вод;

уровень автоматизации;

производительность очистных сооружений.

### **Движущая сила внедрения**

Снижение сбросов взвешенных веществ в сточных водах.

## **5.4.2. Химическое осаждение**

### **Описание**

Под химическим осаждением понимается корректировка значения рН и повышение интенсивности осаждения растворимых металлов, путем добавления реагентов (гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий) или их сочетания.

### **Техническое описание**

Химическое осаждение сводится к связыванию ионов, подлежащих удалению, в малорастворимые и слабо диссоциированные соединения. Наиболее важным фактором в обеспечении максимальной эффективности удаления металлов является выбор осаждающих реагентов. При выборе реагентов для выделения примесей воды в виде осадков необходимо исходить из значений произведений растворимости образующихся соединений; чем ниже эта величина, тем выше степень очистки воды. Присутствие в

воде посторонних солей обычно приводит к возрастанию растворимости образующихся осадков вследствие увеличения ионной силы раствора. Следует отметить, что скорость ионных реакций в водных растворах велика и обычно реакции протекают практически мгновенно.

Корректировка значения рН.

При добавлении в сточные воды реагентов (например, гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий или их комбинаций) происходит образование нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Так, ионы свинца, хрома (Ш), цинка, кадмия и меди при взаимодействии со щелочью образуют труднорастворимые гидроксиды. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации и седиментации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче поддаются отделению, и часто используется для повышения производительности системы очистки.

Как показывает опыт, использование реагентов на основе сульфидов может обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. Для удаления сульфидов металлов в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и др. Осаждение сульфидов может привести к уменьшению концентраций определенных металлов в очищенных стоках (в зависимости от значения рН и температуры). Сульфиды металлов могут повторно использоваться в процессе плавки. С помощью данного метода можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала под действием гидроксида, а затем путем осаждения сульфидов. В целях удаления избыточных сульфидов после осаждения допускается добавление сульфата железа.

Поддержание требуемого значения рН в течение всего процесса очистки стоков также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений рН. При выходе за пределы этого диапазона эффективность удаления металла стремительно снижается. В целях максимальной эффективности удаления металлов процесс очистки следует проводить при различных значениях рН с использованием различных реактивов. Кроме выбора реактива и значения рН, также следует учитывать, что степень растворимости может зависеть от температуры и валентного состояния металла в воде.

Таблица 5.1. Методы осаждения металлов и их соединений

№ п/п	Металл	Используемый реагент	Образуемое вещество (осадок)	Дополнительные условия
1	2	3	4	5

1		$\text{Ca(OH)}_2$ (известковое молоко)	$\text{Zn(OH)}_2$	Требуемое значение pH для полного осаждения цинка находится в диапазоне 9–9,2.
2	Zn	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ (карбонат натрия)	$\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn(OH)}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Требуется значительное количество реагента, поэтому рекомендуется проводить двухступенчатую очистку воды от цинка, предусматривающую предварительную нейтрализацию серной кислоты карбонатом натрия с последующим осаждением цинка едким натром.
3		$\text{Na}_2\text{S}$ (сульфид натрия)	$\text{ZnS}$	Оптимальное значение pH составляет 2,5–3,5
4	Pb	$\text{Ca(OH)}_2$ (известковое молоко)	$\text{Pb(OH)}_2$	Уровень pH = 8,0–9,5. Выше и ниже этих пределов растворимость гидроксида возрастает.
5	Hg	$\text{Na}_2\text{S}$ (сульфид натрия)	$\text{Hg}_2\text{S}$	В сточных водах, содержащих и другие соли, растворимость $\text{Hg}_2\text{S}$ выше, чем в дистиллированной воде. В результате осаждения образуются коллоидные частицы сульфида ртути, выделение которых из воды производится коагуляцией сульфатом алюминия или железа. Остаточная концентрация ртути

				после такой очистки не превышает 0,07 мг/дм <sup>3</sup>
6	As	$\text{NaHS}$ (сульфогидрат натрия) $\text{Na}_2\text{S}$ (сульфид натрия)	$\text{As}_2\text{S}_3$	Зависит от температуры и протекает достаточно медленно при значениях температуры ниже 50-60 °С. Трехвалентный мышьяк выпадает в осадок в виде трехвалентного сульфида мышьяка ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), который необходимо отделить от воды при значениях рН ниже 4-5. При повышении значения рН и наличии $\text{As}_2\text{S}_3$ существует риск возвращения мышьяка в раствор. Недостатком реакции является образование незначительного количества сульфида мышьяка ( $\text{As}_2\text{S}_5$ ).

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в воду вместе со сточными водами.

Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения главным образом зависит от следующих факторов:

- выбор химического осаждающего реактива;
- количество добавляемого осаждающего реактива;
- эффективность удаления осаждаемого металла;
- поддержание необходимого значения рН в течение всего процесса очистки;
- использование железистых солей для удаления определенных металлов;
- использование флокулянтов или коагулянтов;
- изменение состава сточных вод;
- присутствие комплексообразующих ионов.

## **Экологические характеристики 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.

### **Кросс-медиа эффекты**

Дополнительный расход энергии и сырья, используемого в качестве реагентов. Образование отходов (осадок), которые необходимо утилизировать.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

## **5.4.3. Адсорбция с применением активированного угля**

### **Описание**

Адсорбцию широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биологической очистки, значительно реже – для очистки от ионов тяжелых металлов.

### **Техническое описание**

Активированный уголь, представляющий собой высокопористое углеродное вещество, обычно используется для удаления органических материалов из сточных вод, а также может применяться для удаления ртути и извлечения драгоценных металлов. Как правило, фильтры на основе активированного угля используются в виде нескольких слоев или картриджей, чтобы проток 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 протокочков через фильтры.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов органических веществ, ртути и драгоценных металлов в воду

## **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

К основным преимуществам применения метода адсорбции являются:

хорошая управляемость процессом;  
отсутствие образования вторичных загрязнений.

### **Кросс- медиа эффекты**

Дополнительные затраты связанные с необходимостью утилизации отработанного адсорбента. Регенерация активированного угля возможна, однако этот процесс достаточно трудоемкий и в условиях круглосуточно работающих очистных сооружений неудобна. Использование же активированного угля как одноразовой загрузки зачастую экономически нерентабельна.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение сбросов загрязняющих веществ. Требования экологического законодательства РК.

## **5.4.4. Нейтрализация**

### **Описание**

Очистка сточных вод, содержащих слабые кислоты (стоки сернокислотного производства или различные кислые промывочные воды), с использованием соответствующего реагента (обычно, гидроокиси железа).

### **Технологическое описание**

В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять. Для этих целей используют реакцию нейтрализации между ионами водорода и гидроксида, приводящая к образованию недиссоциированной воды. В качестве реагентов могут быть использованы NaOH, KOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>OH, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, доломит (CaCO<sub>3</sub>-MgCO<sub>3</sub>). Чаще всего применяют гидроксид кальция (известь), ввиду его дешевизны. Известь для нейтрализации вводят в сточную воду в виде гидроксида кальция ("мокрое" дозирование) или в виде сухого порошка ("сухое" дозирование). При нейтрализации сернокислых сточных вод известковым молоком расход извести (по CaO) принимают на 5-10 % выше стехиометрического расчета. В случае нейтрализации воды сухим порошком или известковой пастой доза оксида кальция составляет 140-150 % от стехиометрической, так как взаимодействие между твердой и жидкой фазами происходит медленнее и не до конца. Процесс с использованием извести в качестве реагента иногда называют известкованием. Известкование позволяет попутно переводить в осадок и такие металлы, как цинк, свинец, хром, медь и кадмий. Иногда для нейтрализации применяют карбонаты кальция или магнезия в виде суспензии. Соду и гидроксиды натрия и калия следует

целесообразно использовать, лишь в случае одновременного получения ценных продуктов или если они являются отходами производства, виду их высокой стоимости.

Выбор реагента для нейтрализации кислых вод зависит от вида кислот и их концентрации, а также растворимости солей, образующихся в результате химических реакций.

Различают три вида кислотосодержащих сточных вод:

сточные воды, содержащие серную и сернистую кислоты. При очистке образуются труднорастворимые кальциевые соли, что снижает скорость реакции между раствором кислоты и твердыми частицами. Большая часть солей выпадают в осадок;

сточные воды, содержащие сильные кислоты (например,  $\text{HNO}_3$ ). Так как соли этих кислот хорошо растворимы в воде, отсутствует сложность при выборе реагента;

Сточные воды, содержащие слабые кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Для очистки в основном используется известковое молоко. Перед смешиванием с известковым молоком сточные воды предварительно очищаются от твердых частиц (песколовка). Вместе с известковым молоком вводится раствор флокулянта. Нейтрализация и хлопьеобразования происходит в контактном резервуаре. Для удаления углекислого газа стоки аэрируются в контактных резервуарах воздухом. При этом образуется осадок более плотной структуры. Для снижения влажности осадка применяют дополнительное отстаивание.

Образовавшийся осадок, содержащий главным образом сульфат кальция (сернокислый кальций), подвергается фильтрации и обезвоживанию, для последующей переработки.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение объемов сбрасываемых сточных вод. Снижение объемов водопотребления (возврат осветленных вод в процесс). Снижение концентрации загрязняющих сточных вод в отводимых сточных водах. Производство чистого сернокислого кальция.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Производимый сернокислый кальций содержит более 96 %  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Несмотря на сравнительную дешевизну и общедоступность используемых реагентов, следует отметить ряд недостатков, а именно необходимость обязательного устройства усреднителей перед нейтрализацией, трудности регулирования дозы реагента по pH нейтрализованной воды.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Существенным недостатком метода нейтрализации известью является образование пересыщенного раствора гипса ( $\text{CaSO}_4$ ), что приводит к забиванию трубопроводов и аппаратуры.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила для осуществления**

Требования экологического законодательства РК. Экономические выгоды (получение готового для реализации товарного продукта).

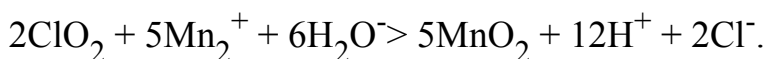
## **5.4.5. Окисление**

### **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.

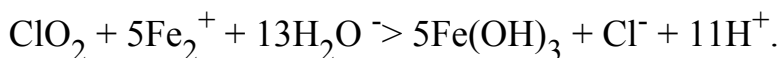
### **Техническое описание**

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**

Снижение содержания и уровней токсичности загрязняющих веществ в сточных водах.

### **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 к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

### **Движущая сила внедрения**

Соблюдение требований экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ.

### **5.4.6. Коагуляция, флокуляция**

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**

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 гидроксокомплесов.

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  $[Al_2(SO_4)_2(OH)_2] \cdot 11 H_2O$  перед сульфатом алюминия заключается в более широком диапазоне рН, 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 рН, 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 рН используют алюминат натрия. При более высоких значениях рН алюминат натрия применяют совместно с сульфатом алюминия.

Высокую эффективность во многих случаях дает применение смесей коагулянтов. При этом обеспечивается значительное расширение области оптимальных значений рН 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 высокомолекулярных соединений (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 полиакриламид (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.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение содержания загрязняющих веществ в сточных водах.

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 рН в течение всего процесса очистки стоков, также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений рН.

### **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.

### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение энергопотребления. Применение добавок. Образование отходов, подлежащих утилизации.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

### **Экономика**

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

### **Движущая сила внедрения**

Соблюдение требований экологического законодательства РК. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

#### **5.4.7. Переработка цианида с использованием мембранной технологии**

##### **Описание**

Переработка отходов с помощью мембранной технологии. Переработка цианидов с помощью мембранной технологии позволяет получить дополнительную выгоду в виде извлеченной металлической меди и цианида возвращенного в процесс.

##### **Техническое описание**

Метод позволяет комбинировать мембранные и электрохимические технологии, дает возможность получить металлическую медь и создать свободный медноцианидный комплекс.

Свободные цианиды могут возвращаться в технологический процесс.

Основная схема этого процесса состоит из трех частей:

1) удаление твердых веществ и получение чистого раствора для дальнейшей обработки;

2) мембранная технология, которая концентрирует комплексы меди и цианида. На этом этапе также извлекается часть свободного цианида;

3) блок извлечения металла (MRU – установка восстановления металла), в котором электролитически восстанавливается медь, тем самым освобождая часть свободного цианида методом слабокислотной диссоциации (WAD).

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Химия растворов цианидов является сложной из-за того, что цианид-ионы образуют соединения и комплексы со многими элементами. Некоторые соединения цианидов являются высокотоксичными, а другие – относительно инертные и безвредные. свободный цианид существует в двух видах - ионах цианида (CN-) и молекулярном циановодороде. Количество цианида и меди в потоке хвостов значительно снижается до процесса разложения цианида или до того, как хвосты будут помещены в хранилище. Это приводит к снижению экологических рисков для природы и водных ресурсов. Восстановление цианида снижает количество цианида, которое необходимо закупать, хранить и использовать на месте.

##### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Этот метод рассматривается для всех технологических потоков материалов, содержащих свободные цианиды и/или цианиды, связанные с медью или в аналогичной форме (методом слабокислотной диссоциации (WAD) – weak acid dissociable).

Данный метод может быть реализован в контуре обработки хвостов перед их утилизацией в хвостохранилище или в контуре рециркуляции воды, полученной из хвостохранилища.

##### **Кросс-медиа эффекты**

Расход реагентов ниже по сравнению с процессом разложения цианида.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Отдельные технологические процессы хорошо опробованы и протестированы в промышленных масштабах. Цианиды, которые в противном случае были бы потеряны из оборота, могут быть извлечены из хвостов и переработаны, что снижает количество цианида на месте, а также затраты на закупку и утилизацию цианида. Металлическая медь может быть получена в качестве побочного продукта. Ограничений по обрабатываемым концентрациям WAD-метода нет, хотя эффективность процесса зависит от химического состава хвостового потока.

### **Экономика**

Первоначальные оценки затрат показывают, что этот процесс потенциально перспективен по сравнению с альтернативными подходами, такими как процессы ионного обмена, осаждения и подкисления.

### **Движущая сила внедрения**

При окислении цианидов естественными процессами или при очистке сточных вод, содержащих цианиды образуются цианаты. Цианаты менее токсичны, чем HCN, и легче гидролизуются с образованием аммиака и диоксида углерода.

### **5.4.8. Осаждение цианида сульфатом железа**

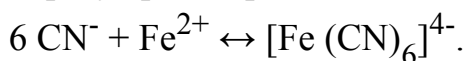
#### **Описание**

Осаждение цианида сульфатом железа – это широко используемый и простой в эксплуатации метод. Осаждение цианида сульфатом железа может быть весьма эффективным.

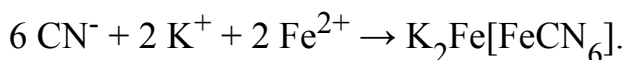
#### **Техническое описание**

Реакция сульфата железа с простыми цианидами протекает по следующим уравнениям:

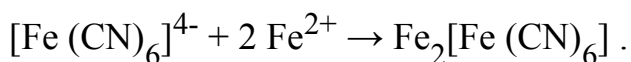
образуя растворимый комплекс:



Из указанной реакции ясно, что в идеальных условиях 1 моль ионов  $\text{Fe}^{2+}$  должен быть способен связать 6 молей анионов  $\text{CN}^-$  из раствора с образованием осадка гексацианоферрата железа, указанный осадок образуется при небольшом избытке сульфата железа:



Для образования осадка гексацианоферрата железа указанный осадок образуется в большом избытке сульфата железа, полученный осадок отфильтровывают:



#### **Достигнутые экологические выгоды**

Преимуществом этого метода является возможность нейтрализовать высокие концентрации цианида так же быстро, как и низкие.

#### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Снижение выбросов цианидов.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потребление реагента.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Подходит для очистки концентрированных сточных вод.

#### **Экономика**

Зависит от стоимости и доступности реагентов.

#### **Движущая сила внедрения**

Требование экологического законодательства РК.

### **5.4.9. Окислительные процессы удаления цианида**

#### **Описание**

Окислительные процессы удаления цианида: окисление озоном, окисление гипохлоритами и хлором, окисление цианидов пероксидными соединениями, окисление цианидов перманганатом калия.

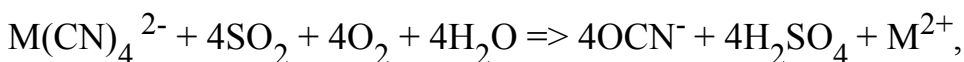
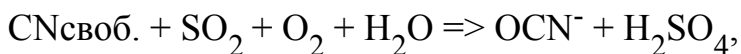
#### **Техническое описание**

Процессы окисления могут осуществляться с использованием реагентов таких, как: щелочное хлорирование; технология SO<sub>2</sub>/воздух; перекись водорода.

Предварительная обработка пероксидом. Эта технология обычно применима к рудам, содержащим сульфиды. Однако необходимо провести детальное минералогическое исследование, чтобы определить, какая руда подходит для применения этой технологии.

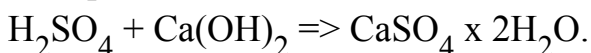
Процесс SO<sub>2</sub>/воздух, который используется на всех европейских предприятиях для обработки шлама перед сбросом в хвостохранилище, обычно описывается следующими уравнениями:

Окисление:

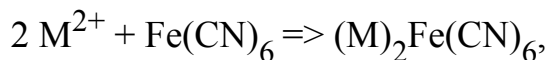
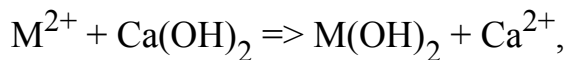


где: M<sup>2+</sup> = Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> и т.д.

Нейтрализация с использованием извести:



Осаждение:



где: M = Zn, Cu, Ni, Cd, Fe и т.д.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов цианидов.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

В Европе цианиды удаляются из отходов экстракции перед депонированием, в большинстве случаев с использованием процесса детоксикации, основанного на окислении цианидов смесью воздуха и SO<sub>2</sub>. Цианиды частично удаляются из отходов извлечения перед депонированием (до максимальных уровней в несколько ppm). Сообщаемые уровни цианидов в водах составляют менее 0,1 мг/л.

### **Кросс-медиа эффекты**

Замена окислителя H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> использованием SO<sub>2</sub>-воздух, в из-за стоимости перекиси, невозможности удаления железа.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Универсальное применение, обработка ила требует большего расхода реагентов. Неприменимо для шлама из-за большого расхода реагентов.

### **Экономика**

Недостаток затратность процессов. Расход перекиси водорода часто составляет около 1 кг H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/т переработанной руды. Цена перекиси водорода составляет около 600 евро/т (70 %) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

### **Движущая сила внедрения**

Требование экологического законодательства. Свободный цианид, является ядом для человека, млекопитающих и водной фауны.

## **5.4.10. Предотвращение загрязнения цианидами посредством снижения их концентрации в водоемах террикона до минимально возможного уровня**

### **Описание**

Система дренажа хвостохранилищ.

### **Техническое описание**

На площадке создается непроницаемое основание для хвостохранилищ и дамбы с использованием композитной системы герметизации – 50 - сантиметровый слой уплотненной глины, который покрыт мембраной толщиной 1,5 мм из (HDPE – полиэтилен высокой плотности), еще 20-сантиметровый слой уплотненной глины и 20-сантиметровый слой мощный гравийный фильтрующий слой. В фильтрующем слое размещены дренажные трубы, по которым вода отводится в декантационный резервуар. Этот тип системы используется для небольших непроницаемых хвостохранилищ, где технологическая вода подвергается рециркуляции. Преимущество системы в том, что

вода, поступающая в дренажную систему, фильтруется. Это создает большую площадь поверхности для очистки воды. Таким образом, система позволяет уменьшить размер хвостохранилища. Эта система может быть предпочтительнее установки дополнительного резервуара для очистки или более крупного хвостохранилища, если технологическая вода содержит загрязняющие вещества (например, цианиды).

### **Достигнутые экологические выгоды**

Предотвращение загрязнения.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Другие варианты, не связанные с рекультивацией, включают в себя запрудные каналы или гидравлические барьеры по периметру хвостохранилища, но они очень дороги и, учитывая размер большинства хвостохранилищ, являются крупномасштабными строительными работами. Они также ограничены по глубине. Если просачивание распространяется на коренную породу, эти барьеры будут бесполезны. Другим возможным решением является откачка и очистка фильтрата, но это очень дорого и, вероятно, осуществимо только во время эксплуатации рудника, поскольку только тогда, вероятно, будет доступна очистка на месте. Это не долгосрочное решение, поскольку оно не является устойчивым. Другим ключевым аспектом является то, что просачивание полностью контролируется гидравлическим напором. Если его убрать, просачивание отсутствует или незначительно. Обезвоживание и покрытие хвостов флотации таким образом уменьшит или предотвратит образование уровня грунтовых вод и, следовательно, просачивание. Это, вероятно, наиболее подходящее решение проблемы просачивания в закрытом хвостохранилище.

### **Кросс-медиа эффекты**

Герметизация никогда не может гарантировать предотвращение всех утечек. Некоторые отверстия или структурные дефекты неизбежны. Герметизация уменьшит утечку до уровня, при котором окружающая среда сможет справиться с ней путем разбавления, дисперсии или разложения.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Одной из областей применения уплотнений являются хвостохранилища, где существует необходимость удерживать технологическую воду в хвостохранилище во время эксплуатации из-за:

рециркуляции технологической воды;  
загрязнения воды (например, цианидом).

Рабочие жидкости от выщелачивания цианидом и фильтрат из хранилищ также герметизируются для предотвращения просачивания цианидсодержащих растворов в грунт, во многих случаях с помощью двойного уплотнения.

Недостатком является невозможность ремонта дренажной системы в случае ее засорения, а также то, что меньшее основание означает более высокие дамбы.

Практически невозможно отремонтировать герметизационный слой находящийся под нагрузкой.

### **Экономика**

Стоимость такого дренажа является высокой. В области Ovasik, расходы на установку HDPE мембраны были оценены на 7,5 EUR/м<sup>2</sup> (в 2001 году) для площади 16 гектаров.

### **Движущая сила внедрения**

Требование экологического законодательства РК.

## **6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам**

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и 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.

Технологические показатели, связанные с применением НДТ, определяются как диапазон уровней эмиссий, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной и (или) комбинации НДТ.

В настоящем заключении по НДТ:

технологические показатели по выбросам в атмосферу выражаются как масса выбросов на объем отходящего газа при нормальных условиях (273,15 К, 101,325 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/дм<sup>3</sup>;

при фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже или в пределах диапазона указанных технологических показателей, связанных с применением НДТ, требования, определенные настоящим разделом, являются соблюденными.

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 действующим национальным НПА.

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.

Для периодов усреднения эмиссий применяются следующие определения (таблица 6.1.).

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов и сбросов, связанные с НДТ

№ п/п	Период усреднения	Выбросы	Сбросы
1	В среднем за сутки	Среднечасовые и получасовые значения концентраций загрязняющих веществ за сутки при непрерывном контроле	Среднее значение за период выборки в течение 24 часов, взятое в качестве средне пропорциональной пробы (или в виде средне пропорциональной по времени пробы, при условии, что демонстрируется достаточная стабильность потока) *
2	Среднее значение за период выборки	Среднее значение трех последовательных измерений, по меньшей мере, 30 минут каждое, если не указано иное **	

Примечание:

\* для периодических процессов может использоваться среднее значение полученной величины измерений, взятых за общее время отбора проб или результат измерения, в результате разового отбора проб;

\*\* для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб). Для любого параметра, при котором вследствие ограничений по отбору проб или анализа 30-минутные измерения недопустимы, применяется соответствующий период отбора проб

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

## 6.1. Общие НДТ

НДТ для конкретных процессов, указанные в разделах 6.2. – 6.5., применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

### **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:

1) заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

2) 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 ;

3) экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

4) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

5) 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;

6) обеспечение соблюдения экологического законодательства РК;

7) 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 тому, надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;

8) обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

9) подготовку регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;

10) валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

11) следование за развитием более чистых технологий;

12) рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;

13) применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с показателями лучших предприятий отрасли);

14) систему управления отходами;

15) 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;

16) инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или нестандартизированная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

### **6.1.2. Управление энергопотреблением, энергоэффективность**

#### **НДТ 2**

НДТ служит для сокращения потребления тепловой и энергетической энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	СЭнМ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
2	Когенерация	
3	Рекуперация тепла	
4	Дегазация и утилизация биогаза	

Описание НДТ приведено в разделах 5.2.4. и 5.2.5. Справочника по НДТ.

### **6.1.3. Управление технологическими процессами**

#### **НДТ 3**

НДТ применяется для измерения или оценки 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	Автоматизированные системы управления технологическим процессом	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ

Описание НДТ приведено в разделе 5.2. Справочника по НДТ.

#### 6.1.4. Мониторинг эмиссий

##### НДТ 4

НДТ является проведение мониторинга выбросов маркерных загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов.

№ п/п	Параметр	Контроль, относящийся к НДТ :	Минимальная периодичность контроля	Примечание
1	Пыль	НДТ 9 НДТ 10 НДТ 11 НДТ 12	Согласно программе ПЭК	Маркерное загрязняющее вещество
2	Метан	НДТ 13	Согласно программе ПЭК	Маркерное загрязняющее вещество

##### НДТ 5

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод от захоронения отходов из очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

№ п/п	Параметр	Минимальная периодичность контроля
1	Температура (С <sup>0</sup> )	Непрерывно*
2	Расходомер (м <sup>3</sup> /час)	Непрерывно*
3	Водородный показатель (ph)	Непрерывно *
4	Электропроводность (мкс - микросименс)	Непрерывное*
5	Мутность (ЕМФ-единицы мутности по формазину на литр)	Непрерывное*

\* Выпуски сточных вод, отводимые с объекта I категории, подлежат оснащению автоматизированной системой мониторинга, согласно требованиям, предусмотренным действующим экологическим законодательством Республики Казахстан.

№ п/п	Параметр <sup>*,**,**</sup>	Минимальная периодичность контроля
1	Взвешенные вещества	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
2	Аммоний солевой	
3	Нитриты	
4	Роданиды	
5	Хром	
6	Сульфаты	
7	Цинк	
8	Железо	
9	Марганец двухвалентный	
10	Медь	
11	Кадмий	
12	Свинец	
13	ПАВ	
14	Мышьяк	
15	Талий	
16	Нефтепродукты	
17	Цианиды	

\*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, ЭНК и целевым показателям качества окружающей среды по отношению к местам культурно-бытового водопользования.

\*\*Применительно к объектам долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности в случае отсутствия технологических показателей в отраслевых Справочниках по НДТ.

\*\*\*Необходимость измерений применима для веществ при условии их наличия/образования в технологическом процессе, а также в случае наличия соответствующих средств измерений и аккредитованных организаций в РК.

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.

#### **6.1.5. Шум, вибрация, запах**

##### **НДТ 6**

Чтобы снизить уровень шума и предотвратить его распространение на ближайшую территорию, могут быть применены различные технические решения по снижению шума:

реализация стратегии снижения шума;

ограждение "шумных" операций/агрегатов;

виброизоляция операций/агрегатов;

внутренняя и внешняя обшивка из ударопоглощающего материала;

звукоизоляция зданий для защиты от любых шумных операций, связанных с оборудованием для преобразования материалов;

строительство стен для защиты от шума, например, строительство зданий или естественных барьеров, таких, как растущие деревья и кустарники между охраняемой территорией и шумной деятельностью;

обшивка воздуховодов и воздуходувок, расположенных в звуконепроходимых зданиях;

закрытие дверей и окон крытых помещений;

малозумное оборудование.

Снижение неблагоприятного действия вибрации ручных механизированных инструментов на оператора достигается путем технических решений:

уменьшением интенсивности вибрации непосредственно в источнике (за счет конструктивных усовершенствований);

средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками человека-оператора;

виброизоляцией производств/агрегатов.

##### **НДТ 7**

Мероприятия, направленные на предотвращение образования и распространения запахов, заключаются в следующем:

регулярное уплотнение и покрытие отходов инертными материалами (например, грунтом);

своевременное удаление и стабилизация органической фракции;

контроль за работой дренажных и вентиляционных систем;

соблюдение регламентов по приему и размещению отходов, включая ограничение времени открытого хранения органических фракций;

рациональное планирование графика выгрузки отходов, особенно в теплое время года;

подготовка персонала к соблюдению режимов хранения и обработки, а также постоянный визуальный и обонятельный контроль за состоянием объектов.

## 6.2. Неорганизованные выбросы

### НДТ 8

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 системы экологического менеджмента (смотреть 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 9

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при захоронении отходов на объектах долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при захоронении отходов на объектах долгосрочного хранения отходов горнодобывающей промышленности, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Гидроорошение при захоронении отходов добычи и обогащения природных ресурсов навалом (насыпью)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
2	Уплотнение отходов при их захоронении навалом (насыпью)	
3	Укрепление внешних откосов отходов при их захоронении навалом (насыпью)	
4	Предотвращение пыления сухих пляжей при размещении отходов в хранилищах путем поддержания уровня "водного зеркала" выше верхней границы пляжей	

## НДТ 10

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при захоронении отходов на объектах долгосрочного хранения отходов энергетических производств.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при захоронении отходов на объектах долгосрочного хранения отходов энергетических производств, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	уплотнение отходов при их захоронении навалом (насыпью)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
2	укрепление внешних откосов отходов при их захоронении навалом (насыпью)	
3	предотвращение пыления сухих пляжей при размещении отходов в хранилищах путем поддержания уровня "водного зеркала" выше верхней границы пляжей	
4	захоронение золы и золошлаков от термической утилизации отходов	

## НДТ 11

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при захоронении отходов на полигонах опасных отходов.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при захоронении отходов на полигонах опасных отходов, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Уплотнение отходов при их захоронении навалом (насыпью)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
2	Укрепление внешних откосов отходов при их захоронении навалом (насыпью)	
3	Измельчение кусковых отходов перед захоронением	
4	Захоронение отходов, прошедших сортировку	

## НДТ 12

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при захоронении отходов на полигонах ТБО.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при захоронении отходов на полигонах ТБО, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Уплотнение отходов при их захоронении навалом (насыпью)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
2	Гидроорошение ТБО при их захоронении навалом (насыпью)	
3	Измельчение кусковых отходов перед захоронением	
4	Захоронение отходов, прошедших сортировку	
5	послойное покрытие ТБО инертным материалом, не запрещенным к использованию	
6	Использование фильтрата для поверхностного увлажнения отходов с целью предупреждения возгораний, пыления, разноса ветром	
7	Прессование и (или) брикетирование ТБО	

### НДТ 13

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов метана при захоронении отходов на полигонах ТБО.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов метана при захоронении отходов на полигонах ТБО, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Подготовка ТБО к захоронению путем их сортировки с извлечением ресурсных фракций и органических биоразлагаемых материалов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
2	вермикомпостирование	
3	Рециркуляция фильтрационных и дренажных вод при захоронении ТБО	
4	Прессование и (или) брикетирование ТБО	

## 6.3. Организованные выбросы

### 6.3.1. Выбросы оксида углерода

#### НДТ 14

НДТ является предотвращение или сокращение организованных выбросов СО при использовании когенерационной установки на полигонах ТБО.

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов СО при использовании когенерационной установки на полигонах ТБО

№ п/п	Техники	НДТ-ТП (мг/Нм <sup>3</sup> )
1	Когенерационная установка	250 – 1300

### 6.3.2. Выбросы оксидов азота

#### НДТ 15

НДТ является предотвращение или сокращение организованных выбросов NOx при использовании когенерационной установки на полигонах ТБО.

Таблица 6.3. Технологические показатели выбросов NOx при использовании когенерационной установки на полигонах ТБО

№ п/п	Техники	НДТ-ТП (мг/Нм <sup>3</sup> )
1	Когенерационная установка	500 – 1000

### 6.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

#### НДТ 16

Для охраны водных ресурсов от воздействия сточных вод от захоронения отходов и управления их балансом при процессах очистки сточных вод необходимо выполнение следующих мероприятий:

внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе;

сокращение водопотребления в технологических процессах;

использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод.

#### НДТ 17

НДТ для снижения негативного воздействия на водные объекты является:

управление фильтратом;

гидроорошение отходов фильтратом при их захоронении навалом (насыпью);

рециркуляция фильтративных и дренажных вод;

использование фильтрата для поверхностного увлажнения отходов с целью предупреждения возгораний, пыления, разноса ветром.

#### НДТ 18

Наилучшей доступной техникой для снижения уровня загрязнения сточных вод веществами, содержащимися в отходах производства, является применение одной или нескольких приведенных ниже техник очистки сточных вод:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Коагуляция, флокуляция	
2	Сорбция	

3	Экстракция	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ
4	Химическое осаждение	
5	Адсорбция с применением активированного угля	
6	Нейтрализация	
7	Окисление	
8	Ионный обмен	
9	Флотация	
10	Осветление и отстаивание	
11	Фильтрация	
12	Переработка цианида с использованием мембранной технологии	
13	Окислительные процессы удаления цианида	
14	Осаждение цианида сульфатом железа	
15	Предотвращение загрязнения и управление цианидами посредством снижения их концентрации в водоемах террикона до минимально возможного уровня	

Описание НДТ приведено в разделе 5.4. Справочника по НДТ.

## 6.5. Управление отходами

### НДТ 19

Чтобы предотвратить или, если предотвращение невозможно, сократить количество отходов, направляемых на захоронение, НДТ подразумевают составление и выполнение программы управления отходами в рамках СЭМ (смотреть НДТ 1), который обеспечивает в порядке приоритетности предотвращение образования отходов, их подготовку для повторного использования, переработку или иное восстановление.

## 6.6. Требования по ремедиации

Предприятия, занимающиеся захоронением отходов, играют важную роль в поддержании экологического баланса и защите окружающей среды. Однако, процессы захоронения могут также представлять риск для экосистемы, если не соблюдаются соответствующие стандарты и меры по управлению загрязнениями. В связи с этим, разработка и реализация эффективных стратегий ремедиации является важным аспектом деятельности данных предприятий.

Согласно Экологическому кодексу 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 захоронению отходов 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 (статьи 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 ТРГ проанализировали целый ряд новых технологических, технических и управленческих решений, которые обсуждаются как в зарубежных странах, так и в Казахстане. Это решения направлены на повышение эффективности производства, сокращение негативного воздействия на окружающую среду, оптимизацию ресурсопотребления. Они еще не получили широкого распространения и составители справочника не располагают надежными сведениями о внедрении их на двух предприятиях.

## **7.1. Перспективные техники при обустройстве объектов захоронения отходов**

### **7.1.1. Применение цеолитов в защитных слоях**

Одним из перспективных направлений в сфере экологически безопасного обустройства объектов захоронения отходов является применение цеолитов в составе защитных экранов, особенно в глинистых изоляционных слоях.

Цеолиты - это природные или синтетические алюмосиликаты, обладающие высокими сорбционными (поглощающими), ионнообменными и каталитическими свойствами. Их структура состоит из микропористых кристаллических решеток, способных удерживать ионы тяжелых металлов, аммоний, радионуклиды и другие загрязнители.

С экологической точки зрения использование цеолитов позволяет:

повысить эффективность барьерных слоев, увеличивая защиту грунтовых вод от загрязнения;

снизить риски миграции загрязняющих веществ, особенно в условиях длительной эксплуатации;

усилить фильтрационные свойства глинистых экранов, при этом сохраняя их низкую проницаемость.

Промышленное производство цеолитов уже налажено в ряде стран, включая Казахстан и страны СНГ. Это делает возможным относительно быстрое внедрение технологии на практике и адаптацию цеолитов под конкретные химико-физические свойства захораниваемых отходов.

Несмотря на наличие промышленной базы и доступность материалов, широкомасштабное внедрение технологии требует проведения опытно-промышленных испытаний на конкретных объектах захоронения, накопления долговременных наблюдений за поведением цеолитов в реальных условиях, разработки и утверждения нормативно-методической базы.

С учетом этих факторов ориентировочный срок внедрения технологии составляет 5 – 10 лет.

Объекты захоронения отходов, на которых может применяться техника:

хранилища, предназначенные для хранения отходов обрабатывающих производств (исключая отвалы горных пород);

хранилища отходов, образующихся при производстве электроэнергии и пара (исключая золоотвалы и шлакоаккумуляторы);

полигоны приповерхностного захоронения отходов производства и потребления (за исключением ТБО);

полигоны ТБО – как существующие, так и проектируемые.

Использование цеолитов в изоляционных экранах объектов захоронения отходов – это научно обоснованное, экологически целесообразное и технологически осуществимое решение. Оно обладает значительным потенциалом для повышения

надежности противофильтрационной защиты, особенно при долгосрочной эксплуатации объектов захоронения отходов.

## **7.2. Перспективные техники при эксплуатации объектов захоронения отходов**

### **7.2.1. Перспективные техники при транспортировке отходов на объекты захоронения отходов.**

#### **7.2.1.1. Автоматизированная система удаленного входного контроля отходов**

Техника позволяет организовать предварительную проверку отходов до их прибытия на объект, что значительно снижает риски и повышает уровень управляемости системой обращения с отходами.

##### **Экологические преимущества:**

предотвращение несанкционированного размещения отходов за счет контроля состава и объемов поступающих грузов еще до их въезда на объект;

снижение загрязнения воздуха и шума, вызванного очередями и длительным простоем техники при въезде;

оптимизация маршрутов движения транспорта, что ведет к сокращению выбросов выхлопных газов;

уменьшение вероятности перегрузки техники, что повышает безопасность и снижает нагрузку на дорожную инфраструктуру.

##### **Экономические и организационные преимущества:**

рост производительности входного контроля: сокращение времени на обработку каждой единицы транспорта;

снижение потребности в обслуживающем персонале за счет автоматизации процедур идентификации, регистрации и взвешивания;

возможность интеграции с региональными цифровыми платформами по обращению с отходами, включая электронные паспорта отходов и системы мониторинга потоков.

Внедрение автоматизированной системы требует установки систем бортового взвешивания и датчиков загрузки на транспортные средства, программного обеспечения и бортовых компьютеров для сбора, передачи и анализа данных в реальном времени, инфраструктуры удаленного контроля, включая онлайн-интерфейсы, базы данных, каналы передачи данных, шлагбаумы с автоматической идентификацией и пр.

Системы включают в себя модули распознавания номеров и автоматического допуска транспорта, проверки состава отходов на основе загруженных электронных паспортов и предварительной сверки информации с маршрутными листами и разрешениями.

Отдельные элементы данной технологии (например, системы взвешивания, распознавания номеров, GPS-мониторинг) уже применяются в ряде регионов России и других стран. Однако для полноценного внедрения необходимо создание интегрированных цифровых решений, адаптированных к законодательству и

региональным условиям, наработка единого протокола взаимодействия между участниками системы: перевозчиками, операторами объектов захоронения, контролирующими органами.

Ориентировочный срок внедрения: 1 – 2 года, при условии доступности оборудования и разработки программных решений.

Данная техника может применяться на объектах захоронения ТБО – как наиболее массовый и логистически сложный сегмент и хранилища отходов обрабатывающих производств – при необходимости строгого учета потоков опасных или специфических видов отходов.

Внедрение автоматизированных систем удаленного входного контроля отходов способствует повышению экологической безопасности, оптимизации логистики и цифровизации сектора обращения с отходами. Это особенно актуально в условиях растущих объемов отходов, требований к их прослеживаемости и необходимости соблюдения экологических стандартов. Несмотря на стартовые инвестиции, технология окупается за счет снижения операционных расходов и повышения прозрачности управления.

## **7.2.2. Перспективные техники при захоронении отходов**

### **7.2.2.1. Технология биоактивации отходов объектов захоронения ТБО**

Технология биоактивации отходов на объектах захоронения ТБО предполагает использование биологических добавок для ускорения процессов ферментации и повышения объемов образования биогаза за счет биологического разогрева органической фракции отходов. В состав таких добавок, формирующих так называемый иницирующий слой, в зависимости от выбранной схемы могут входить эффлюент, аборигенная микрофлора, минеральные удобрения, витаминные комплексы или даже органические отходы производства. Отходы вместе с биоактивными компонентами размещаются на специальном гидроизолирующем экране, что обеспечивает герметичность и управляемость процесса. Возможно как послойное, так и совместное складирование.

Среди преимуществ технологии можно выделить значительное уменьшение объема отходов, ускорение стабилизации отходной массы, что способствует повышению общей эффективности эксплуатации объекта захоронения ТБО. Дополнительным положительным эффектом является увеличение объемов образующегося свалочного газа, который, при наличии соответствующей инфраструктуры, может быть использован для энергетических целей, снижая зависимость от традиционных источников энергии.

Однако, несмотря на потенциальные экологические и энергетические выгоды, технология имеет и ряд ограничений. Воздействие отдельных компонентов биодобавок на окружающую среду и здоровье еще не изучено в достаточной степени, что требует предварительной оценки безопасности перед широкомасштабным применением. Кроме

того, большинство добавок являются многокомпонентными смесями, что усложняет и удлинняет процесс их приготовления. Также важно обеспечить контроль над составом и дозировкой добавок, чтобы избежать возможных негативных последствий.

Техника может быть применена на объектах захоронения ТБО, особенно в случаях, когда стоит задача интенсифицировать процессы биологического разложения отходов и повысить эффективность утилизации метана через его энергетическое использование.

### **7.2.2.3. Оптимизация устройства объекта захоронения ТБО за счет применения многофункциональной рабочей площадки**

Оптимизация устройства объекта захоронения ТБО за счет применения многофункциональной рабочей площадки позволяет повысить эффективность эксплуатации полигона, увеличить его емкость и снизить риск загрязнения подземных вод. Предлагаемая модель полигона предполагает устройство выемки с уложенной в ней плУночной изоляцией и песчаным покрытием, разделУнным на равные секции. Между этими секциями предусмотрены дороги, обеспечивающие подъезд мусоровозов к каждой точке выгрузки.

Процесс размещения отходов организован поэтапно: сначала заполняется первая секция отходами, сверху укладывается слой песка в форме усечУнной пирамиды, на которую устанавливаются бетонные плиты. Эти плиты служат основанием для движения техники, осуществляющей выгрузку отходов второго слоя в промежутки между секциями. После заполнения второго уровня снова укладывается песчаный слой, и процесс повторяется. Такая многоярусная система позволяет размещать отходы в вертикальном направлении, увеличивая емкость объекта без необходимости расширения территории. Одновременно сточные воды, проходя через песчаные слои, фильтруются и направляются по дренажным трубам в накопительные резервуары, снижая экологические риски.

Среди преимуществ данной технологии – возможность захоронения значительно большего объема отходов по сравнению с традиционной конфигурацией полигона, снижение выбросов выхлопных газов за счет оптимизации логистики на объекте, а также рациональное использование земельных ресурсов. За счет вертикального наращивания слоУв сокращается потребность в изъятии новых территорий для размещения отходов, что особенно актуально в условиях дефицита свободных земель.

Однако внедрение данной конфигурации сопровождается рядом сложностей. Проектирование объекта требует тщательного планирования, включая прокладку дорог, расчет расстояний между секциями и обеспечение устойчивости всей конструкции. Эти факторы повышают трудоемкость проектных работ и могут увеличить срок подготовки и внедрения технологии. Тем не менее, с учетом стратегических преимуществ, применение такой модели может стать эффективным решением для объектов захоронения ТБО в условиях высокой плотности отходов и ограниченных территорий.

### **7.2.3. Перспективные техники при обращении с фильтрационными, дренажными, ливневыми водами**

#### **7.2.3.1. Литификация фильтрата, образующегося на объектах захоронения ТБО, с последующим его использованием для послойной изоляции**

Технология литификации фильтрата представляет собой процесс изменения агрегатного состояния фильтрата путем его механического смешивания со специальными реагентами. Процесс осуществляется в две стадии: на первой стадии происходит коагуляция, сопровождаемая осаждением коагулирующих веществ, а на второй - отверждение фильтрата с образованием стабильного конечного продукта. В результате переработки фильтрата образуется инертный изолирующий материал, пригодный для промежуточной и окончательной изоляции на полигонах ТБО и промышленных отходов, рекультивации таких объектов, использования в строительных работах (отсыпка котлованов, выемок), озеленении с подсыпкой слоя чистого грунта, ландшафтных и рельефных работах, ремонте дорог и других целях.

Фильтрат, образующийся на полигоне, поступает в закрытую емкость для накопления, откуда с помощью центробежного насоса перекачивается в смеситель. Смеситель представляет собой горизонтальный барабан с перемешивающим валом, оснащенным лопатками, создающими в процессе вращения встречные потоки, обеспечивающие интенсивное перемешивание. На этом этапе в смеситель по наклонному шнеку из силоса подается коагулянт, вызывающий агрегацию частиц. В результате химического взаимодействия наблюдается пенообразование и образование рыхлого осадка. Пена, представляющая собой ячеистую дисперсную систему из пузырьков газа, разрушается при перемешивании, что способствует высвобождению газов. Газы отводятся по газоходу через специальный люк в газоочистный фильтр.

После коагуляции в смеситель вводится активная минеральная добавка, содержащая известковые соединения, запускающая процесс литификации на основе гидравлического твердения вяжущих компонентов. Добавка поступает в смеситель по наклонному шнеку, где осуществляется мгновенное смешивание с фильтратом. В результате образуется пластичная пастообразная масса, которая выгружается через люк смесителя в тару для затвердевания на открытом воздухе или направляется на полигон для использования в качестве инертного материала. Процесс литификации способствует переводу тяжелых металлов в нерастворимые формы, связывая их в монолите, тем самым исключая их миграцию.

Внедрение техники позволяет отказаться от сброса фильтрата в водные объекты и его отдельной очистки, поскольку он переводится в твердое состояние с возможностью дальнейшего безопасного применения в пределах полигона. Техника может быть применена на объектах захоронения ТБО.

### **7.2.4. Перспективные техники при обращении с выбросами в атмосферу**

#### **7.2.4.1. Закрепление пылящих поверхностей объектов захоронения отходов**

Закрепление эрозионно-опасных пылящих поверхностей полиминерального состава осуществляется на объектах захоронения отходов, таких как хвостохранилища, золоотвалы и отвалы горных пород, путем нанесения специальных растворов, смесей, высокомолекулярных соединений и битумной эмульсии. Для этих целей применяются различные составы, включая водный раствор омыленного таллового пека, смесь глинистого грунта с дисперсным материалом, смесь поливинилбутираля с песком, полимерные соединения с полиакриламидом и полиакрилатом, а также битумная эмульсия.

Один из способов закрепления поверхности заключается в трехстадийной обработке раствором омыленного таллового пека. Сначала наносится 2 – 10-процентный водный раствор пека, затем через 30 – 120 минут – водный кислотный раствор, содержащий 0,2 – 1 % минеральной или органической кислоты, после чего через сутки снова наносится раствор таллового пека. Общий расход всех растворов составляет 3 – 6 литров на квадратный метр обрабатываемой поверхности.

Другой способ предусматривает нанесение на пылящую поверхность смеси поливинилбутираля с песком, которую предварительно нагревают до температуры плавления поливинилбутираля. Метод с применением битумной эмульсии осуществляется с помощью судна на воздушной подушке, которое перемещается по намывным пляжам, основаниям и откосам дамб и наносит эмульсию при помощи распределительных форсунок.

Также используется закрепление поверхности глинистым грунтом, при котором формируется гидросмесь из местного глинистого материала и материала, подверженного пылению, с добавлением кондиционирующего компонента - лигносульфаната марки ЛСТ-4. Компоненты укладываются слоями в заранее вырытую траншею, после чего траншея заливается водой. Полученная масса перерабатывается средствами гидромеханизации до состояния пульпы и подается по трубопроводу к месту укладки.

При использовании полиакриламида состав готовится на основе высокомолекулярного соединения с добавлением сульфитно-спиртовой барды и воды, после чего наносится на поверхность отходов. Метод с применением полиакрилата и акриламида основан на последовательном нанесении водного раствора полиакрилата натрия или калия в концентрации не менее 1 % и водного раствора сополимера акриламида с производными акриловой кислоты концентрацией не менее 0,5 %. Данный способ может также включать применение сополимера акриламида с диметиламиноэтилакрилатом, диметиламиноэтилметакрилатом или диметиламинопропилакриламидом. Механизм действия заключается в электростатическом связывании частиц пыли и формировании полимерной сетки, что значительно повышает прочность фиксации пылевых фракций.

Преимуществом данной технологии является снижение выбросов твердых частиц полиминерального состава в атмосферный воздух. Однако ее применение ограничивается высокой стоимостью используемых материалов, технологической сложностью и трудоемкостью работ, а также затруднениями при последующем задержании, особенно при использовании составов с высокой адгезией. Кроме того, некоторые методы ограниченно применимы в условиях аридного климата.

Техника может применяться на различных типах объектов захоронения отходов, включая отвалы отходов добычи и обогащения полезных ископаемых, хранилища отходов добычи и обогащения (кроме отвалов), отвалы и хранилища отходов обрабатывающих производств, отвалы и хранилища отходов производства электроэнергии и пара, а также полигоны приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, за исключением ТБО.

#### **7.2.4.2. Технология системы извлечения, сжигания биогаза и очистки отходящих газов на объекте захоронения ТБО**

Технология системы извлечения, сжигания биогаза и очистки отходящих газов на объекте захоронения ТБО предусматривает поэтапную работу нескольких взаимосвязанных подсистем. Первая из них обеспечивает сбор газовой смеси, состоящей из диоксида углерода и метана, образующихся в результате анаэробного разложения органических фракций отходов. Далее биогаз направляется в подсистему сжигания метана, в результате чего происходит выработка электрической энергии и воды, а также формируется смесь продуктов сгорания. Следующая подсистема предназначена для выделения диоксида углерода из полученной смеси.

Для отделения воды от продуктов сгорания используется процесс адсорбции, в котором в качестве адсорбирующего материала применяется цеолит. Перед стадией адсорбции продукты сгорания проходят стадии охлаждения и осушения с использованием теплообменников и осушителей, что обеспечивает стабильную работу системы и повышает эффективность очистки.

Основными преимуществами данной технологии являются возможность получения электроэнергии за счет утилизации метана, а также высокая степень очистки продуктов сгорания, что снижает негативное воздействие на окружающую среду. Вместе с тем реализация данной технологии сопряжена с рядом ограничений. Главным из них является высокая стоимость оборудования, что требует предварительного анализа экономической эффективности проекта. Кроме того, подбор оптимального оборудования и разработка технологической схемы могут занять значительное время, что создает дополнительный барьер для внедрения установки.

Применение данной техники целесообразно на объектах захоронения ТБО, где возможно организовать устойчивый сбор биогаза в достаточном объеме для его дальнейшей утилизации.

#### **7.2.4.3. Способ термического обезвреживания биогаза объектов захоронения ТБО**

В предлагаемой технологии извлечение биогаза осуществляется с помощью установки сбора биогаза, основанной на создании искусственного разрежения. Это приводит к резкому снижению температуры и уменьшению содержания влаги в биогазе, что способствует повышению его качества и безопасности дальнейшей обработки.

На первом этапе биогаз проходит предварительную очистку от сероводорода и твердых примесей (пыли). После этого биогаз направляется на сжигание в специальной камере, где происходит термическое обезвреживание. Отходящие газы, образующиеся в результате сжигания, дополнительно очищаются от токсичных и вредных кислых компонентов.

Удаление кислых примесей реализуется посредством адсорбции на специализированных сорбентах, а токсичные соединения устраняются с использованием активированных углей. В течение всего процесса осуществляется постоянный контроль концентраций сероводорода и кислотных соединений в газовой смеси. Это позволяет автоматически рассчитывать и корректировать расход сорбентов и реагентов, что значительно снижает затраты на материалы без ухудшения качества очистки биогаза.

Данная система отличается высокой адаптивностью к изменяющимся условиям процесса сжигания биогаза, обеспечивая при этом минимальный расход ресурсов и достижение высокого уровня очистки газа, что важно для соблюдения экологических нормативов и снижения вредного воздействия на окружающую среду.

Технология термического обезвреживания биогаза может быть успешно внедрена на объектах захоронения ТБО, где происходит естественное образование биогаза в результате разложения органических компонентов отходов.

#### **7.2.4.4. Способ сбора и отвода фильтрационных вод и биогаза на объектах захоронения ТБО**

Реализация данной технологии происходит в несколько последовательных этапов. На первом этапе проводится подготовка площадки и монтаж системы вертикального дренажа. Затем осуществляется укладка отходов с промежуточным пересыпанием их изолирующими материалами, после чего монтируется горизонтальная дренажная система.

Для укрепления конструкции объекта захоронения устанавливаются полимерные кольца, которые затем продолжают вверх перфорированными полимерными стенками. Отходы сначала укладываются до середины высоты колец, после чего монтируется горизонтальная дренажная система, обеспечивающая отвод фильтрационных вод. Далее происходит дальнейшая укладка отходов до проектной высоты слоя. Для сбора биогаза используется газосборник, который установлен в верхней части системы. Данная последовательность работ повторяется до достижения заданной проектной высоты объекта. В завершение поверхность захоронения

покрывается слоем изоляционного материала, который служит дополнительной защитой от проникновения атмосферных осадков и снижения газо- и водообмена с окружающей средой.

Данная технология значительно повышает эффективность сбора свалочного газа и фильтрационных вод, упрощая при этом конструкцию систем отвода и обеспечивая надежный сбор этих компонентов на протяжении всего срока эксплуатации объекта захоронения ТБО.

Одним из ключевых преимуществ данного способа является существенное снижение нагрузки на окружающую среду благодаря эффективному контролю и удалению фильтрационных вод и биогаза. Кроме того, технология характеризуется относительно низкой стоимостью реализации и сравнительно коротким сроком внедрения.

Однако экономическая целесообразность применения данной технологии ограничена объектами захоронения, расположенными в отрицательных формах рельефа - естественных котлованах или углублениях, где возможно обеспечение эффективного дренажа и сбора газа.

Технология предназначена для объектов захоронения ТБО, где реализованы условия для установки вертикальных и горизонтальных дренажных систем с использованием полимерных конструкций.

#### **7.2.4.5. Окислительные процессы удаления цианида**

Окислительные процессы удаления цианида на основе сочетания методов  $SO_2$ /воздуха и перекиси водорода представляют собой перспективный и разрабатываемый подход, направленный на эффективное разложение цианидов. Технология основывается на синергетическом эффекте, возникающем при комбинировании процесса  $SO_2$ /воздух, который применим для обработки шламов, и воздействия перекиси водорода, которая, в свою очередь, не применяется к шламам. Такое сочетание позволяет адаптировать процесс к переменному химическому составу исходных материалов, обеспечивая гибкость технологии и возможность настройки под конкретные условия эксплуатации.

Одним из основных экологических преимуществ данной технологии является ее способность подстраиваться под изменения состава обрабатываемых потоков, что делает ее более устойчивой к колебаниям производственного процесса. В результате повышается надежность очистки сточных вод от цианидов и снижается нагрузка на окружающую среду.

С точки зрения кросс-медиа воздействия, комбинированный процесс может обеспечить определенные экономические и эксплуатационные преимущества по сравнению с традиционными методами удаления цианидов, основанными исключительно на использовании  $SO_2$ /воздуха. Однако такие выгоды зависят от конкретных условий объекта и должны оцениваться индивидуально.

Экономическая оценка внедрения технологии может быть проиллюстрирована на примере установки в регионе Boliden, где затраты на вывод из эксплуатации шламовой установки составили порядка 1,5 миллиона евро. Эти расходы включали мероприятия по обеспечению постоянного затопления, стабилизацию отмелей, реконструкцию водосбросного сооружения, восстановление растительности, а также долгосрочный экологический мониторинг и контроль уровня воды. В другом случае, на объекте в районе Río Nargsea в Испании, для аналогичных целей была выпущена облигация займа в размере около 3 млн. евро, что соответствует национальному стандарту затрат на восстановление – около 2 млн. евро на гектар.

Основной движущей силой к внедрению данной технологии служит стремление к оптимизации процессов удаления цианидов и повышению экологической безопасности производств, связанных с использованием или образованием цианидсодержащих растворов.

### **7.3. Перспективные техники при закрытии объектов захоронения отходов в постэксплуатационный период**

#### **7.3.1. Применение шлаков с преобладающим содержанием оксида кальция в конструкции послойного изолирующего покрытия объектов захоронения отходов**

Данная техника предусматривает использование изолирующего покрытия на основе металлургических шлаков, в частности шлака, образующегося при производстве феррованадия силикоалюминотермическим методом. Основным компонентом этого шлака является оксид кальция ( $\text{CaO}$ ), который при взаимодействии с водой преобразуется в гидроксид кальция - известь. Известь обладает выраженными дезинфицирующими, противопаразитарными и дезодорирующими свойствами, что делает её эффективным средством для улучшения санитарных характеристик изолирующего слоя.

Кроме того, в составе шлака присутствует оксид магния ( $\text{MgO}$ ), который оказывает антацидное, адсорбирующее и детоксицирующее действие, способствуя нейтрализации вредных веществ и снижению запахов.

Применение таких шлаков в качестве материала для послойного изолирующего покрытия позволяет повысить экологическую безопасность объектов захоронения за счёт снижения риска распространения патогенных микроорганизмов и неприятных запахов, а также способствует улучшению химико-физических свойств изоляционного слоя.

Однако, перед внедрением данной технологии необходимо проводить тщательную оценку воздействия конкретного вида шлака на окружающую среду, учитывая его химический состав и возможное влияние на почву и подземные воды.

С экономической точки зрения использование шлаков высокоэффективно, поскольку позволяет существенно сократить затраты на приобретение традиционных изоляционных материалов. Кроме того, срок внедрения минимален благодаря

значительным объемам накопленных металлургических шлаков на предприятиях, что делает технологию доступной и перспективной для широкого применения.

Данная техника применима на полигонах приповерхностного захоронения отходов производства и потребления, за исключением ТБО и полигонах ТБО.

## **7.4. Перспективные техники в области энерго-и ресурсосбережения**

### **7.4.1. Интеграция систем с использованием водорода**

Развитие водородных технологий на объектах захоронения отходов представляет собой перспективное направление устойчивой энергетики. Водород может вырабатываться путем реформинга метана, содержащегося в биогазе, либо посредством электролиза воды с использованием энергии, полученной из возобновляемых источников, установленных на полигоне. Полученный водород используется в топливных элементах для выработки электроэнергии, что позволяет обеспечить полигон автономным и экологически чистым энергоснабжением. Кроме того, водород может использоваться как топливо для специализированного транспорта, занятого в обслуживании полигона (самосвалы, экскаваторы, газоотводные системы и пр.), снижая углеродный след и повышая энергетическую независимость объекта. В долгосрочной перспективе возможно создание замкнутой водородной инфраструктуры, включающей производство, хранение, распределение и потребление водорода на месте.

### **7.4.2. Использование высокоэффективных термоэлектрических генераторов**

Термоэлектрические генераторы преобразуют тепловую энергию, возникающую при биологическом разложении отходов или при сжигании свалочного газа, непосредственно в электрическую энергию без использования движущихся частей. Это делает систему надежной, бесшумной и пригодной для длительной эксплуатации в сложных условиях. Новейшие термоэлектрические материалы (например, на основе теллурида висмута или оксидов с высокой термоэлектрической эффективностью) позволяют значительно повысить КПД таких установок. Эти генераторы могут применяться как в качестве резервного источника питания, так и для снабжения энергией удаленных модулей мониторинга (например, систем измерения температуры, давления, концентрации газа) на полигоне, не требуя прокладки кабелей и линий электропитания.

### **7.4.3. Системы хранения энергии**

Внедрение систем накопления энергии, включая аккумуляторные батареи на основе литий-ионных, натрий-ионных или твердооксидных технологий, позволяет существенно повысить устойчивость и управляемость энергетической системы полигона. Такие системы накапливают избыточную электроэнергию, вырабатываемую в часы низкого энергопотребления (например, солнечными батареями или когенерационными установками), и отдают ее в часы пиковой нагрузки, тем самым оптимизируя потребление и снижая потребность в подключении к внешним сетям. Кроме того, системы хранения могут служить источником аварийного питания для

критически важных систем полигона (газоотвод, дегазация, насосные станции), обеспечивая бесперебойную работу и повышая общую энергоэффективность объекта.

#### **7.4.4. Технологии утилизации углерода (Carbon Capture and Storage, CCS)**

Установка систем улавливания CO на объектах дегазации и сжигания биогаза способствует сокращению парниковых выбросов. Уловленный газ может быть захоронен в геологических формациях или использован повторно в промышленных целях, что позволяет снизить экологическую нагрузку и повысить эффективность утилизации. Внедрение CCS особенно целесообразно на крупных полигонах с организованной системой сбора и утилизации свалочного газа, а также на объектах с когенерационными установками.

### **7.5. Перспективные техники при контроле состояния систем обустройства объектов захоронения отходов**

#### **7.5.1. Контроль состояния изолирующего покрытия объектов захоронения отходов с использованием промышленного рентгеновского сканера**

Применение промышленного рентгеновского сканера как неразрушающего метода мониторинга состояния изолирующего покрытия объектов захоронения отходов является перспективным направлением, направленным на минимизацию или предотвращение негативного воздействия на окружающую среду. Такой способ позволяет оперативно выявлять дефекты в покрытии, которые в дальнейшем могут привести к проникновению значительного объема дождевых и талых сточных вод в тело полигона, что негативно сказывается на экологической безопасности объекта.

С экономической точки зрения, на текущем этапе развития технологии рентгеновские сканеры остаются дорогостоящими и габаритными устройствами, что существенно осложняет их массовое применение в полевых условиях. Кроме того, для работы с данной техникой необходима разработка и внедрение дополнительных мер по защите персонала от рентгеновского излучения.

Несмотря на эти ограничения, направление неразрушающего мониторинга и контроля геологических сред и инженерных сооружений развивается быстрыми темпами. При условии преодоления указанных недостатков прогнозируемый срок широкого внедрения технологии составляет порядка 10 лет.

#### **7.5.2. Контроль состояния объектов захоронения отходов при помощи дистанционного зондирования**

Использование технологий космического мониторинга и дистанционного зондирования для контроля состояния крупных объектов захоронения отходов позволяет значительно сократить потребление ресурсов, необходимых при традиционных методах мониторинга. Это обеспечивает более оперативное и эффективное получение данных о состоянии объекта на больших площадях.

Методы дистанционного зондирования активно внедряются в различных отраслях для мониторинга окружающей среды, что облегчает их адаптацию и применение на

объектах захоронения отходов. Внедрение такой технологии на начальном этапе мониторинга может быть реализовано достаточно быстро.

Тем не менее, для полноценного контроля состояния объектов захоронения требуется дополнительная доработка параметров, таких как мониторинг образования газа на объектах захоронения ТБО и контроль изменения емкости объекта захоронения. Разработка таких решений связана с существенными финансовыми затратами, однако срок окупаемости инвестиций в технологию достаточно короткий.

Технология применима ко всем основным типам объектов захоронения отходов, включая хранилища и отвалы отходов добычи, обогащения, переработки полезных ископаемых, производства электроэнергии и пара, а также полигоны и объекты, предназначенные для захоронения отходов производства, потребления и ТБО.

### **7.5.3. Контроль состояния склонов объектов захоронения отходов на основе системы датчиков**

Технология контроля состояния склонов и ограждающих конструкций объектов захоронения отходов с помощью системы датчиков обеспечивает постоянный мониторинг состояния защитных систем и своевременное выявление дефектов на ранних стадиях их развития.

С точки зрения экологической безопасности система не наносит дополнительного загрязнения окружающей среде и является безопасной в эксплуатации на объектах захоронения отходов.

С экономической точки зрения внедрение системы ведет к увеличению стоимости проектных решений, строительных работ и затрат на эксплуатацию. Для оптимизации расходов рекомендуется использовать дублирующие системы датчиков, что повысит надежность мониторинга и уменьшит затраты на обслуживание.

Технические решения для подобных систем хорошо известны и изучены, их применение именно на объектах захоронения отходов пока недостаточно отработано. Прогнозируемый срок внедрения данной технологии оценивается в диапазоне от 5 до 10 лет.

Решение может быть реализовано на всех видах объектов захоронения, включая хранилища и отвалы отходов различных отраслей промышленности, а также на объектах захоронения ТБО.

## **8. Дополнительные комментарии и рекомендации**

Справочник по НДТ подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Первым этапом разработки справочника по НДТ было проведение КТА, в процессе которого была дана экспертная оценка текущего состояния предприятий по захоронению отходов. Данный аудит позволил определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических

возможностей и степень воздействия предприятий на окружающую среду. Также был проведен анализ соответствия технологий принципам НДТ.

Основной целью экспертной оценки являлось определение технологического состояния отрасли Республики Казахстан на существующее положение, а также оценка предприятий в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с 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.

При КТА был проведен анализ и систематизация информации об отрасли: о применяемых технологиях, оборудовании, выбросах и сбросах загрязняющих веществ, об образовании отходов производства, а также других аспектах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении на основании литературных источников, нормативной документации и экологических отчетов.

Для сбора информации предприятиям на основании утвержденных шаблонов были направлены анкетные формы. Анализ предоставленных предприятиями данных позволяет сделать вывод о недостаточности информации по различным аспектам применения технологий, в том числе по технологическим показателям. В данной редакции справочника использовались фактические имеющиеся результаты, предоставленные предприятиями.

Справочник по НДТ "Захоронение отходов" составлен согласно действующим НПА Республики Казахстан, а также по результатам проведенного КТА.

К перспективным технологиям отнесены не только отечественные разработки, но также передовые технологии, применяемые на практике, но не внедренные на предприятиях в Республике Казахстан.

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 особенности маркерных, в окружающую среду, потребления сырья и энергоресурсов, а также о проведении модернизации основного и природоохранного оборудования, экономических аспектах внедрения НДТ;

при проектировании, эксплуатации, реконструкции, модернизации технологических объектов необходимо обратить внимание на мониторинг, контроль и снижение физических факторов воздействия на окружающую среду;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует

использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов производства на окружающую среду.

## Библиография

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года.
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам".
3. "Об утверждении Классификатора отходов", приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 6 августа 2021 года № 314. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 9 августа 2021 года № 23903.
4. Национальный доклад "О состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год".
5. Reference Document On Best Available Techniques For Energy Efficiency, EC 09/2021 – Справочник по НДТ по энергоэффективности, 09/2021.
6. ИТС 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".
7. The revised Industrial and Livestock Rearing Emissions Directive (Directive 2010/75/EU or "IED 2.0") as amended by Directive 2024/1785 - Пересмотренная Директива о выбросах в промышленности и животноводстве (Директива 2010/75/EU или "IED 2.0") с поправками, внесенными Директивой 2024/1785.
8. <https://www.gov.kz/memleket/entities/astana/press/news/details/388696?lang=ru>.
9. ГОСТ 20444-2014 (ISO 1996-2:2007) "Шум. Методы измерения шума в окружающей среде".
10. OECD (2020), Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-Associated Environmental Performance Levels and BAT-Based Permit Conditions.
11. Институт развития электроэнергетики и энергосбережения [Электронный ресурс]. URL: <https://aisger.kz/>.
12. Landfill Directive - Directive (EU) 2018/850 - Директива Совета 1999/31/EC от 26 апреля 1999 года по захоронению отходов.
13. Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries - Директива Парламента и Совета Европейского Союза 2006/21/EC от 15 марта 2006 года об управлении отходами добывающей промышленности.
14. ИТС НДТ 17-2021 Размещение отходов производства и потребления.

15. "Правила формирования оператором полигона ликвидационного фонда", приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 22 августа 2022 года № 579.

16. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления.

17. Государственные нормативные документы в сфере архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, жилищных отношений и коммунального хозяйства. СН РК 1.04-15-2013. Полигоны для ТБО.

18. Приказ и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 25 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-331/2020 "Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к сбору, использованию, применению, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления".

19. Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 7 сентября 2021 года № 361 "Об утверждении перечня видов отходов для захоронения на полигонах различных классов".

20. Проект обновленного технического руководства по специально обустроенным объектам захоронения (код D5). Одиннадцатое заседание Рабочей группы открытого состава Базельской конвенции (OEWG.11). Женева, Швейцария с 03 сентября по 06 сентября 2018 г. ([https://www.basel.int/TheConvention/OpenendedWorkingGroup\(OEWG\)/Meetings/OEWG11/Meetingdocuments/tabid/7456/Default.aspx](https://www.basel.int/TheConvention/OpenendedWorkingGroup(OEWG)/Meetings/OEWG11/Meetingdocuments/tabid/7456/Default.aspx)).

21. Бабенко Д.А. Обеспечение экологической безопасности хранения отходов обогащения медных руд ([https://spmi.ru/sites/default/files/imci\\_images/sciens/dissertacii/2021/babenko\\_dissertaciya.pdf](https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/sciens/dissertacii/2021/babenko_dissertaciya.pdf)).

22. Потенциал преобразования отходов в энергию в сокращении выбросов парниковых газов (<https://jacksonlab.stanford.edu/publications/carbon-and-water-footprint-energy-resources/potential-waste-energy-reducing-greenhouse>).

23. SVOBODA, Luboš. Stavební hmoty, 2013. <https://www.scribd.com/document/673820260/kniha-stavebni-hmoty>.

24. Чешские технические стандарты (ČSN)

ČSN 83 8030 Захоронение отходов - Основные условия проектирования и строительства полигонов

ČSN 83 8032 Захоронение отходов – Герметизация.

ČSN 83 8033 Захоронение отходов - Управление фильтратом полигонов.

ČSN 83 8034 Захоронение отходов - дегазация полигонов.

ČSN 83 8035 Захоронение отходов - Закрытие и рекультивация полигонов

ČSN 83 8036 Захоронение отходов - Мониторинг полигонов.

25. [https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/obrazky\\_skladka.htm](https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/obrazky_skladka.htm).

26. <https://www.izolace.com/izolace-skladek/izolace-skladek-fotogalerie/>.

27. <https://construction-engineer.ru/review/protivofiltracionnyj-ekran-kachestvennye-materialy-i-ix-pravilnoe-ustrojstvo>.
28. <https://ippc.mzp.cz/ippc/ippc.nsf/appliances.xsp>.
29. [https://www.soletanche.cz/technologie\\_podzemni\\_steny/](https://www.soletanche.cz/technologie_podzemni_steny/).
30. <https://www.maccaferri.com/cz/%C5%99e%C5%A1en%C3%AD/budovani-skladek-odpadu/>.
31. <https://ztbo.ru/o-tbo/lit/tehnologii-otxodov/ustrojstvo-poligona-i-skladirovanie-tbo>.
32. <https://www.ecovision.cz/clanky/tridirny.html>.
33. <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/test-hrubotridice-na-skladce-pribram-bytiz>.
34. <https://www.lfm.cz/produkty>.
35. <https://www.sweco.cz/projekty/areal-odpadoveho-hospodarstvi-benatky-nad-jizerou-iii-etapa-rekultivace-skladky/>.
36. <https://marcador.eu/vyroby/drenazni-geokompozity/>.
37. BREFF Справочный документ "Управление сбросами" – согласно справочному документу по наилучшим доступным технологиям (НДТ) для управления отходами добывающей промышленности.
38. [file:///C:/Users/user/Downloads/jrc109657\\_mwei\\_bref\\_-\\_for\\_pubsy\\_online.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/jrc109657_mwei_bref_-_for_pubsy_online.pdf) 722 стр..
39. [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org). <https://cyanidecode.org/languages/russian/>.
40. <https://open.library.ubc.ca/media/stream/pdf/59367/1.0042139/1>.
41. Smets, T., S. Vanassche and D. Huybrechts (2017), Guideline for determining the Best Available Techniques at installation level, VITO, Mol [Электронный ресурс].
42. Приказ Министерства здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-70 "Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, на территориях промышленных организаций".
43. Кодекс Республики Казахстан от 7 июля 2020 года № 360-VI ЗРК "О здоровье народа и системе здравоохранения".