

# ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ

**Лектор:** Жақыпов Әлібек Серікұлы

**Тел:** +7 705 660 69 63

**e-mail:** Alibek.Zhakupov@kaznu.edu.kz

## 4 лекция

### **«Общие сведения о технологии переработки отходов: Образование, переработка и утилизация»**

**Цель лекции:** сформировать у студентов целостное представление о принципиальной схеме образования, переработки и утилизации отходов, о технологиях их захоронения и термического обезвреживания, подземном хранении токсичных отходов, биологических и ресурсосберегающих методах переработки.

#### **Задачи лекции:**

1. Рассмотреть принципиальную схему образования отходов и их движения от источника до окончательной утилизации или захоронения.
2. Охарактеризовать назначение и устройство полигонов ТБО, требования к выбору площадки, санитарно защитным зонам и инженерному обустройству.
3. Показать роль геологических формаций и подземных хранилищ для долговременной изоляции промышленных и токсичных отходов, выделить условия безопасного размещения.
4. Описать основные направления использования отходов при рекультивации карьеров и влияние таких решений на состояние природной среды.
5. Изложить сущность компостирования, сжигания, термической и плазменной переработки ТБО, их преимущества и экологические ограничения.
6. Рассмотреть принципы пиролиза, жидкофазного окисления, гетерогенного катализа и анаэробной ферментации как современных технологий обезвреживания и переработки отходов.
7. Обосновать значение ресурсосберегающих и безотходных технологий, показать связь комплексной переработки сырья и отходов с снижением энергоемкости и загрязнения среды

#### **План лекции**

##### **1 Введение**

##### **1.1 История борьбы с отходами и традиционная роль полигонов**

##### **1.2 Принципиальная схема образования и утилизации отходов**

##### **2 Сортировка и предварительная подготовка отходов**

##### **2.1 Цели и этапы сортировки ТБО**

2.2 Выделение вторичного сырья и подготовка к дальнейшей переработке

3 Полигоны и подземные хранилища отходов

3.1 Полигоны ТБО как природоохранные сооружения

3.2 Требования к размещению, санитарно защитным зонам и инженерной защите

3.3 Геологические формации изоляторы для токсичных отходов

3.4 Типы подземных хранилищ и условия их безопасной эксплуатации

4 Использование отходов при рекультивации и в инженерных работах

4.1 Применение промышленных отходов при рекультивации карьеров

4.2 Влияние подобных решений на геоморфологию и гидрогеологический режим территории

5 Биологические методы переработки

5.1 Компостирование ТБО ограничения по составу и области применения компоста

5.2 Анаэробная ферментация отходов получение и обогащение биогаза

6 Термическое обезвреживание и переработка ТБО

6.1 Сжигание ТБО цели, плюсы и минусы, экологические ограничения

6.2 Термическая переработка как альтернатива традиционному сжиганию низко и высокотемпературные технологии

6.3 Плазменная переработка ТБО особенности процесса и получаемая продукция

7 Химические и физико химические методы обезвреживания токсичных отходов

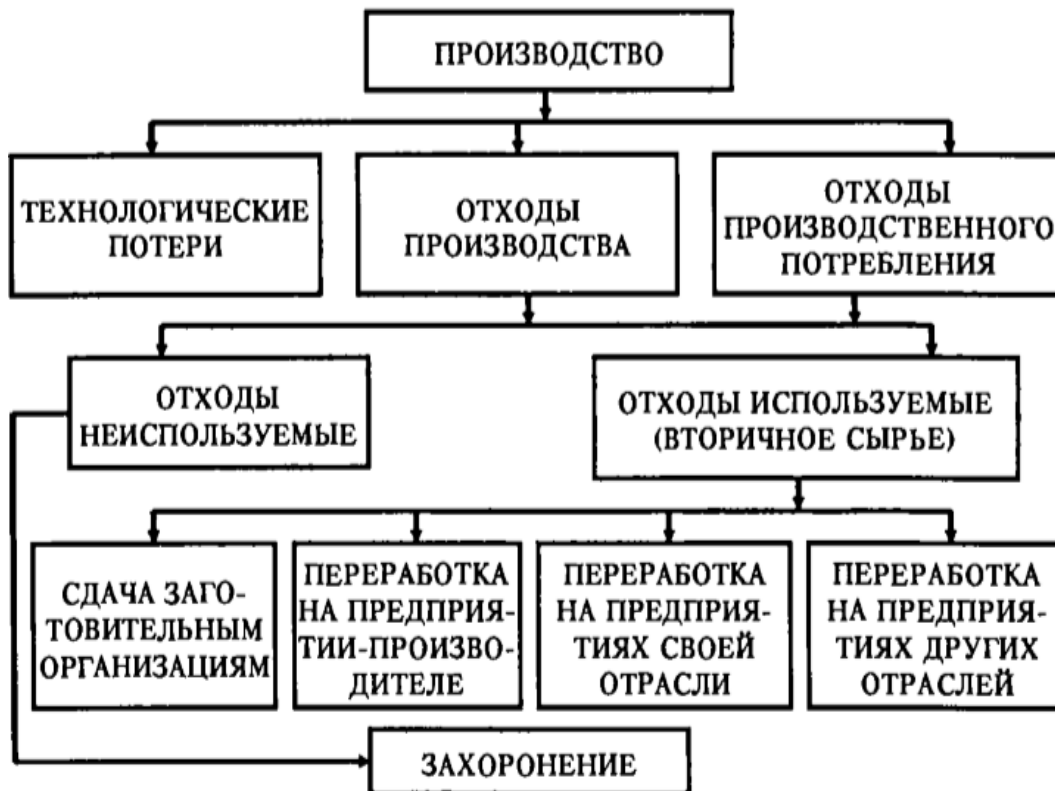
7.1 Жидкофазное окисление токсичных отходов

7.2 Гетерогенный катализ при очистке газообразных и жидких выбросов

7.3 Пиролиз и карбонизация состав продуктов и области использования

#### 4 лекция

### «Общие сведения о технологии переработки отходов: Образование, переработка и утилизация»



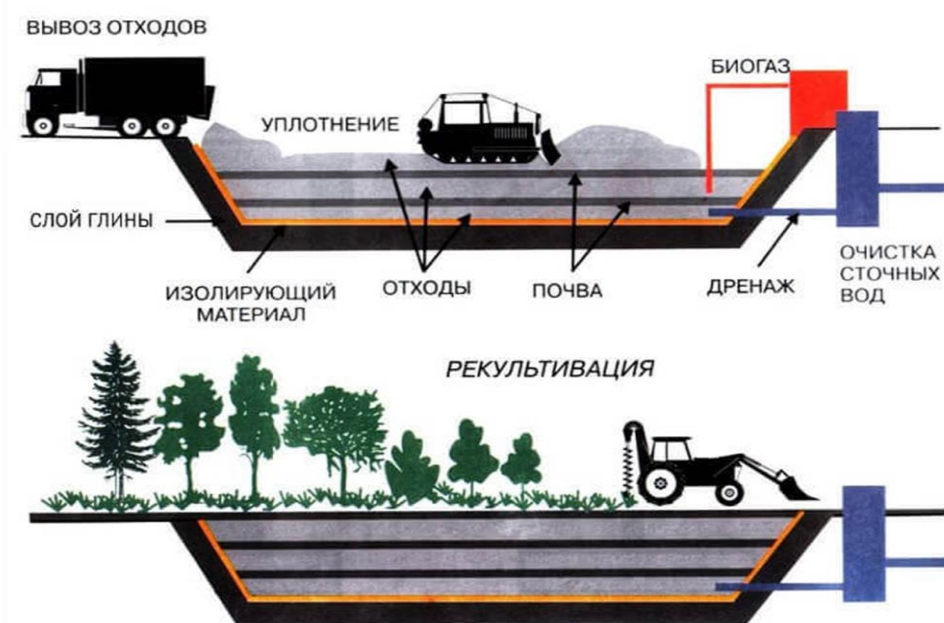
**Принципиальная схема образования и утилизации отходов**

Сортировка мусора предусматривает собой разделение твердых бытовых отходов на мелкие фракции. Сюда входит процесс извлечения из мусора наиболее ценного вторичного сырья и последующее уменьшение размеров мусорных компонентов путем измельчения и просеивания их.

Как правило, сортировка ТБО предшествует дальнейшей утилизации мусора, и поскольку данная процедура имеет поистине наиважнейшее значение, сегодня практически на каждой свалке имеется свой завод по переработке мусора (ТБО). Подобный завод занимается непосредственно выделением из мусора фракций различных полезных веществ: металлов, стекла, пластмасс, бумаги и иных материалов с целью их дальнейшей раздельной вторичной переработки.



Для сохранения окружающей среды приемлемой для нормальной жизни немаловажное значение имеет правильное хранение и захоронение бытовых и промышленных отходов.



Современное представление о захоронениях отходов исходит из того, что на "конечном складе хранения" любые отходы не должны оказывать негативных экологических воздействий на окружающую среду. Поэтому на "конечный участок хранения" отправляют только твердые материалы и большинство современных захоронений представляет собой "промежуточный склад хранения"



картинка строящегося полигона В МОСКВЕ

Полигоны для захоронения отходов являются природоохранными сооружениями, предназначенными для регулярного централизованного сбора, удаления, обезвреживания и хранения не утилизируемых отходов.

Полигоны размещают в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых незатопляемых местах, на которых возможно выполнение необходимых инженерных работ. Вокруг полигона на расстоянии не менее 3000 м должна быть создана санитарно-защитная зона.

Полигон может располагаться на расстоянии не менее 200 м от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог и не менее 50 м от лесных массивов.

Место захоронения должно располагаться на незначительном удалении от главных транспортных магистралей и быть связано с ними дорогой хорошего качества.

Геологическими формациями-изоляторами, потенциально пригодными для гарантированного вывода из биосферы любых токсичных отходов, являются: соленосные толщи, толщи глин, вулканические породы, туфы, гнейсы, граниты, эффузивы и другие геологические формации.

Естественно, что наиболее привлекательными для захоронения и складирования токсичных отходов являются те из названных толщ, в пределах которых уже существуют горные выработки, образованные при добыче соответствующих полезных ископаемых (каменной и калийной солей, строительных материалов и т. п.). Ибо при этом в распоряжение организаций, которые будут выводить отходы из окружающей среды таким способом, попадет в готовом виде вся инфраструктура горнодобывающего предприятия, необходимая для его функционирования (шахтные стволы, шахтный подъем, вентиляция, надшахтные здания, околоствольные дворы, электроподстанции,

все коммуникации и т. д. и т. п.). Это существенно удешевляет и упрощает все работы, связанные с захоронением и складированием токсичных отходов в природных изоляторах. И в особенности в тех случаях, когда для этой цели оказываются пригодными уже существующие горные выработки, если их образование не вызывает опасности возникновения в окружающем массиве воздухе и водопроводящих нарушениях сплошности.

К подземным хранилищам промышленных отходов относятся такие, которые располагаются в удаленных от земной поверхности геологических формациях, обеспечивая долговременную изоляцию отходов от биосферы.

Подземные хранилища являются природоохранными сооружениями и предназначены для централизованного сбора и размещения отходов (в том числе и токсичных) промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений . Размещение промышленных отходов в хранилищах может преследовать две цели – их последующее использование (хранение) и навечное захоронение.



Использование промышленных отходов в качестве заполнителя при рекультивации карьеров. При добыче полезных ископаемых неизбежно образуется большое количество отработанных карьерных выемок, негативно влияющих на различные элементы природной среды: нарушение геоморфологии, гидрологического и гидрогеологического режимов, загрязнение подземных горизонтов, ландшафтные изменения

Компостирование мусора этот способ утилизации ТБО, основанный на естественных реакциях трансформации мусора. В процессе переработки ТБО превращаются в компост. Однако для реализации подобной технологической схемы исходный мусор обязательно должен быть очищен от крупных предметов, а также металлов, керамики, пластмассы, стекла и резины, поскольку содержание подобных веществ в компосте просто недопустимо.

Однако, даже несмотря на это, современные технологии компостирования не позволяют полностью освободиться от солей тяжелых металлов, и поэтому компост из ТБО на практике малопригоден для применения в сельском хозяйстве, зато он может использоваться для получения биогаза.



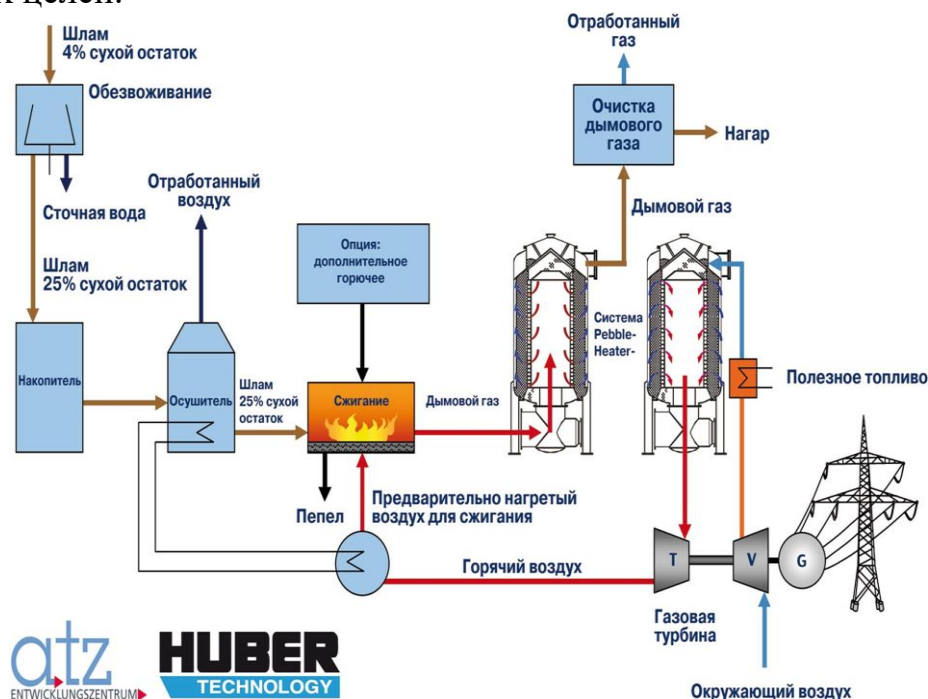
Сжигание ТБО является наиболее распространенным способом уничтожения твердых бытовых отходов, который применяется на практике более ста лет. Сжигание бытового мусора позволяет добиться существенного снижения объема и массы мусора и позволяет получать в процессе утилизации дополнительные энергетические ресурсы, которые могут быть использованы для производства электроэнергии. Естественно, данный способ имеет множество плюсов, но он также не обделен и недостатками.

К числу недостатков подобного способа относится то, что в процессе сжигания в атмосферу выделяются вредные вещества, и происходит уничтожение ценных органических компонентов, которые содержатся в составе бытового мусора.

И сегодня, когда требования к нормам выброса газовой составляющей мусоросжигательных заводов резко ужесточились, подобные предприятия стали нерентабельными. В этой связи более актуальными стали такие технологии переработки твердых бытовых отходов, которые позволяют не только утилизировать мусор, но и вторично использовать полезные компоненты, содержащиеся в нем.

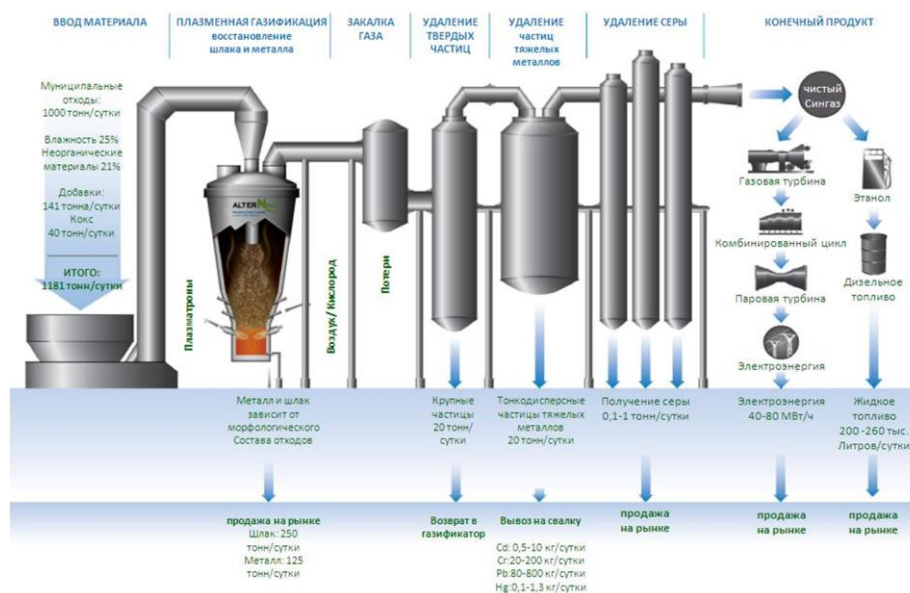
Термическая переработка мусора — это процесс, при котором предварительно размельченный мусор подвергается термическому разложению. Преимущество, которым обладает данная технология переработки ТБО по сравнению с традиционным сжиганием отходов, заключается, в первую очередь в том, что данная технология более эффективна с точки зрения предотвращения загрязнений окружающей среды.

С помощью термической переработки можно перерабатывать любые составляющие отходов, поскольку при данном способе в мусоре не остается биологически активных веществ, и последующее подземное складирование отходов не наносит вреда окружающей среде. Также при данном способе образуется много тепловой энергии, которую можно использовать для самых различных целей.



Плазменная переработка мусора (ТБО) это самый новый способ утилизации ТБО, который по существу, представляет собой газификацию мусора. Данный способ является наиболее перспективным, поскольку технологическая схема подобного производства не предъявляет каких-либо жестких требований к исходному сырью, и позволяет получить вторичную энергию в виде нагретого водяного пара или горячей воды с подачей их конечному потребителю, и также вторичной продукции в виде гранулированного шлака или керамической плитки.

По сути, это и есть оптимальный вариант комплексной переработки мусора, представляющий собой полную экологически чистую утилизацию отходов с получением тепловой энергии и различных полезных продуктов из самого "бросового" сырья - бытового мусора.



История борьбы человека с ненужными отходами как с пищевыми, так и непищевыми началась с незапамятных времен. Одним из первых средств, которое было предложено в качестве достаточно эффективного метода утилизации отходов — их захоронение на специально отведенных полигонах.

Уже много лет в нашей стране используют такой метод, он давно стал привычным и удобным. Однако, мир не стоит на месте все вокруг развивается и меняется. Одновременно меняется и взгляд на способы борьбы с ненужными отходами.

Плюсы захоронения отходов на полигонах:

- минимум финансовых затрат — давно налаженный механизм сбора мусора у населения довольно экономичен на первый взгляд;
- минимум временных затрат (жители города выбросили мусор в урну, машина приехала и отвезла мусор на полигон);
- удобно — обычным гражданам не надо ничего собирать, сортировать, куда-то нести, работникам просто необходимо выполнять привычную работу;
- привычно — этот пункт подходит для всех, кто оказался в цепочке утилизации мусора путем захоронения на полигонах, так попросту делать привычно — “из земли пришло, в землю уйдет”.

Однако, в наше время вокруг такого способа появилось слишком много шума, экологи бьют тревогу, а многие развитые страны и вовсе отказались от массовых захоронений бытового мусора. И вот почему:

- захоронениям подвергают все виды отходов даже такие, которые разлагаясь наносят колоссальный вред природе;
- отсутствие экономической выгоды, так как подавляющая часть отходов может быть вполне успешно переработана и использована в качестве сырья для создания новых материалов, остальная часть не менее успешно может послужить топливным материалом и т.д.;
- размеры мусорных полигонов растут с каждым днем.

Для захоронения отходов промышленности целесообразно использовать резервуары в геологических формациях: гранит, вулканические породы, туфы, базальты, соляные толщи, гипс, ангидрит, доломит, глина, гнейсы. Такого рода хранилища могут существовать как самостоятельно, так и совместно с горнодобывающими предприятиями на его шахтном поле.

При размещении отходов необходимо соблюдать ряд определенных условий и ограничений:

1. Водонепроницаемость толщ и наличие над и под ними обильных водоносных толщ;
2. Полное исключение возникновения деформаций, способных сделать толщу водопроницающей (сдвиг под действием собственной массы, динамические нагрузки, вызванные землетрясениями, газодинамическими явлениями, наземными взрывами и т.п.);
3. Размещение вдали от населенных пунктов, территорий возможных появлений наводнений, селей, прорыва дамб и плотин, оседание земной поверхности в результате горных работ;
4. Наличие способов и средств, позволяющих при необходимости оперативно и с полной гарантией навечно перекрыть выработки, через которые отходы будут подаваться в выработанные пространства.

Подземное захоронение отходов может осуществляться на различных глубинах и гидродинамических зонах литосферы, согласно этому хранилища подразделяются:

**Неглубокие** – В зоне аэрации и активного водообмена;

**Среднеглубокие** – Ниже зоны активного водообмена, в пределах пластовых температур 50 – 70° С;

**Глубокие** – на глубине свыше 2000 м.

Необходим учет мощности зоны аэрации и фильтрационные свойства пород, интенсивность экзогенных геологических процессов (карст, эрозия, оползень и др.), влияющих на герметичность хранилищ.

На современном этапе открывается всё больше возможностей существенно сократить количество не утилизируемых отходов, которые имеют сложный химический состав, и, как правило, их переработка в полезные продукты или весьма затруднительна на современном этапе, или экономически нецелесообразна.

Жидкофазное окисление токсичных отходов производства используется для обезвреживания жидких отходов и осадков сточных вод. Суть его заключается в окислении кислородом органических и элементоорганических примесей сточных вод при температуре 150 – 350° С и при давлении 2 – 28 МПа.

Гетерогенный катализ применим для обезвреживания газообразных и жидких отходов. Существуют три разновидности гетерогенного катализа промышленных отходов.

Для получения высокой степени разложения токсичных отходов, особенно галогенидосодержащих, конструкция сжигающей печи должна обеспечивать необходимую продолжительность пребывания в зоне горения,

тщательное смешение при определенной температуре исходных реагентов с кислородом, количество которого также регулируется. Для подавления образования галогенов и полного их перевода в галогеноводороды необходим избыток воды и минимум кислорода, последнее вызывает образование большого количества сажи. При разложении хлорорганических продуктов снижение температуры ведет к образованию высокотоксичных и устойчивых веществ – диоксинов. Недостатки огневого сжигания стимулировали поиск эффективных технологий обезвреживания токсических отходов.

Основная масса твердых бытовых отходов вывозится на специально оборудованные площадки – полигоны. Термическая переработка ТБО позволяет получить пользу и уменьшить загруженность полигонов отходами потребления.

Все термические технологии переработки ТБО можно разделить на две группы:

- низкотемпературные – переработка ТБО при температурах ниже температуры плавления шлака;
- высокотемпературные — переработка ТБО при температурах выше температуры плавления шлака.

К низкотемпературным технологиям переработки ТБО относят:

- слоевое сжигание с перемешиванием отходов;
- сжигание в кипящем слое.

К высокотемпературным технологиям переработки ТБО относят:

- сжигание отходов в слое расплава шлака;
- сжигание в слое кускового материала и расплаве шлака без перемещения и перемешивания отходов;
- комбинированное сжигание.

В результате сжигания соотношение получаемых продуктов и их состав зависят от условий сжигания и первоначального состава отходов. Термические технологии позволяют получить энергию и уменьшить объем отходов.

К преимуществам термической технологии переработки ТБО относят:

- сокращение объема и массы ТБО;
- получение тепла и энергии;
- уменьшение степени риска для окружающей среды и здоровья человека.

Недостатками термического способа утилизации отходов является отрицательное воздействие на окружающую среду дымовыми газами и получение вторичных отходов.

В настоящее время ведутся исследования по совершенствованию термической технологии переработки ТБО в двух направлениях: усовершенствование системы газоочистки и использование вторичных отходов (шлаков) в производстве строительных материалов.

Трансграничная перевозка опасных отходов осуществляется в соответствии с Базельской (г. Базель, Швейцария) конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, принятой в 1989 г. Под трансграничным перемещением отходов понимается их перемещение с

территории, находящейся под юрисдикцией одного государства, на территорию, находящуюся под юрисдикцией другого государства, когда оно затрагивает интересы не менее 2 государств. Перемещение подпадающих под действие конвенции отходов осуществляется на основании разрешений, 16 выдаваемых специально уполномоченными органами государств, подписавших конвенцию.

Размещение отходов на полигонах ТБО является наиболее распространенным способом размещения отходов.

Полигон должен иметь качественную гидроизоляцию, а также систему сбора и обезвреживания выделяющегося из отходов фильтрата.

Складирование отходов на открытых картах осуществляется послойно, через 2 м, ТБО уплотняются землей или инертными материалами. На плоских полигонах изоляция должна осуществляться ежедневно.

Складирование в траншеях целесообразно использовать при значительных (более 120 тыс. м<sup>3</sup> /год) количествах ТБО. Глубина траншеи достигает 3–6 м, ширина 6–12 м, до 0,5 м осуществляется заглубление в глинистые грунты.

Хозяйственная зона полигона имеет моечную площадку для машин, производственное здание для персонала, гараж. Полигон имеет легкое ограждение.

Полигон рассчитывается на 15–20 лет эксплуатации.

Помимо ТБО на нем допускается размещение строительного мусора и некоторых видов отходов 3-го и 4-го классов опасности, а также отходов класса А лечебно-профилактических учреждений.

Контроль состояния окружающей среды обеспечивается эксплуатирующей полигон организацией. В первую очередь, это контроль качества подземных и поверхностных вод, почвы, атмосферного воздуха в районе размещения полигона.

Соблюдение нормативных требований изолирует свалочные массы от окружающей среды, однако существуют экологические проблемы размещения отходов на полигонах:

- происходит изъятие значительных земельных площадей из хозяйственного оборота при организации полигонов;
- при нарушении требований по проектированию и эксплуатации полигонов не исключается возможность загрязнения почв, поверхностных и подземных вод;
- безвозвратные потери для промышленности вторичных ресурсов в результате захоронения;
- воздействие полигона сопровождается смещением экологического равновесия в сторону преобладания эксплерентных организмов, размножением синантропных животных, обсемененностью патогенными микроорганизмами. Даже построенный по всем правилам полигон представляет санитарно-эпидемиологическую опасность;

– полигон «живет» долгие годы, выделяя фильтрат и газы. Разложение органической части отходов длится не менее 75 лет. Выделение газов из толщи отходов начинается вскоре после складирования и достигает максимума спустя 25–30 лет, после чего газ идет еще около полувека. Среди выделяющихся газов многие имеют сильный неприятный запах (сероводород, меркаптаны, аммиак, летучие амины). Наиболее значимо выделение не имеющего запаха метана, «парниковое» влияние его в 30 раз выше, чем углекислого газа. В связи с выделением метана и других горючих газов свалки представляют значительную пожарную опасность. Концентрация метана достигает промышленных значений. В некоторых европейских странах на полигонах монтируют системы сбора метана, который затем сжигают в факеле или на энергетической установке в качестве топлива, в зависимости от концентрации метана. Однако подобные системы стоят недешево как при сооружении, так и при эксплуатации.

### Термическое обезвреживание твердых бытовых отходов

Термическая переработка позволяет в максимальной степени обезвредить отходы и уменьшить объем складировемого на полигоне материала. Мы рассмотрим основные способы термической переработки отходов.

Сжигание применяется для уничтожения отходов методом организованного горения – регулируемой реакции окисления с образованием пламени.

Процесс сжигания сопровождается выделением тепла, а неорганические компоненты превращаются в зольный остаток. Химическая энергия органических компонентов необратимо превращается в тепловую энергию, которая может быть утилизирована и направлена потребителю в виде тепло- или электроэнергии.

Практически организованный процесс сжигания – это многоступенчатый процесс, происходящий в едином реакторе или печи. Он включает комбинацию процессов:

сжигание = пиролиз + газификация + термическое окисление органических веществ в газовой и твердой фазе (непосредственно горение).

Коэффициент полезного действия при производстве пара на мусоросжигательном заводе (МСЗ) – 40%, при производстве электроэнергии – 25%.

Сжигание осуществляется в печах и топках различных конструкций. Окислительно-восстановительные реакции и сопровождающие их тепловые эффекты достаточно глубоко и детально изучены. При низкой теплотворной способности отходов для стабилизации теплового режима в печь дают дополнительное топливо.

**Сжигание во вращающейся печи.** Барабанная вращающаяся печь изобретена в Японии в фирме Ebara Corporation с целью обеспечить высокую подвижность частиц материала в фазе плотной постели. Печь представляет собой стальной барабан длиной 10–25 м и диаметром 1–4 м, футерованный

огнеупорными материалами, устанавливаемый с небольшим наклоном. Температура горения составляет 850–1000 °С, время пребывания частиц – от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от вида отходов. Со стороны загрузки подаются подготовленные отходы, с другой стороны выгружаются шлак и зола.

Дымовые газы из барабанной печи направляются в камеру дожигания, где осуществляются интенсивное перемешивание продуктов неполного горения с кислородом воздуха и доокисление остатков органических компонент. После этого отходящие газы охлаждаются и проходят газоочистку. Ключевым аспектом экологической безопасности технологии является оснащение барабанных печей камерами дожигания отходящих газов при температуре не менее 1000 °С, а также правильная организация очистки отходящих газов.

Сжигание в барабанных печах и на колосниковой решетке может осуществляться по двум схемам: прямотока и противотока.

При прямоточной схеме розжиговые горелки устанавливаются в месте загрузки, отходы и горячие газы сонаправленно перемещаются к разгрузочной камере. Отходы воспламеняются практически сразу после загрузки и сгорают по мере продвижения к разгрузке. Прямоточная схема незаменима, когда требуется сжигать сухие отходы, для которых недопустимо постепенное высушивание из-за возгонки взрывоопасных паров.

При противоточной схеме отходы перемещаются к разгрузочной камере, а дымовые газы, наоборот, – от разгрузочной камеры, где встроены розжиговые горелки, к загрузочной. Применение противоточной печи обеспечивает надежное сгорание высоковлажных отходов за счет предварительной их подсушки горячими газами, идущими из зоны горения.

**Пиролиз** – это термическое разрушение углеродсодержащего материала при полном отсутствии кислорода или при его незначительном количестве.

Пиролиз отличается от газификации и сжигания, которые являются автотермическими реакциями, тем, что это эндотермическая реакция, требующая затрат энергии, сообщаемой через стенки реактора.

Продуктами пиролиза являются пиролизный газ, углеподобный остаток и жидкие продукты. Их относительные количества зависят от температуры, времени выдержки, давления и других параметров реакции. При низких температурах (400–600 °С) образуется больше жидких продуктов, при высоких (700–900 °С) – больше газообразных.

Чаще всего целевыми продуктами пиролиза отходов являются газ или жидкий продукт. Газ обладает средней теплотворной способностью (13–26 МДж/м<sup>3</sup>) и содержит много различных углеводородов в виде неконденсированной жидкости, насыщенных и ненасыщенных углеводородов, главным образом, метана, полученных в результате газификационного расщепления. Жидкий продукт – пиролизное масло, синтетическая нефть – представляет собой сложную смесь углеводородов с теплотворной способностью 15–20 МДж/м<sup>3</sup>, которую следует очищать для использования в качестве топлива.

Карбонизация – медленный пиролиз с целью получения максимального количества углеподобного остатка (кокса, пирокарбона) – требует медленно текущей реакции при низких температурах.

*Анаэробная ферментация.* Анаэробная ферментация (разложение в результате жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов, происходящее без доступа кислорода) на сегодняшний день реализована в странах ЕС (Германии, Швеции). Например, SvenskBiogas (Швеция, г. Линчопинг) осуществляет переработку органических отходов с получением биогаза с 1996 г.

Анаэробной ферментацией с получением биогаза перерабатывают отходы с высоким содержанием органики: осадок очистки сточных вод, пищевые, садовые и прочие биологически разлагаемые отходы от организаций. Из 1 т отходов получается в среднем 40 м<sup>3</sup> биогаза. Обогащенный биогаз является топливом высокого качества (содержание метана 95–98%). Для современного автомобиля с газовым двигателем одной заправки хватает на 300 км пути.

Технологический процесс включает в себя:

1. Смешение отходов.
2. Обработка паром (1 час при 70 °C).
3. Анаэробное сбраживание в реакторе с перемешиванием (30 дней при 38 °C в присутствии 70–80% воды). Подвода тепла извне нет.
4. Отделение газовой фазы – биотоплива, содержащего 55% метана.
5. Обогащение биогаза до 95% содержания метана.
6. Компостирование оставшейся массы с получением удобрения.

#### Ресурсосберегающие технологические процессы

Резервы ресурсосбережения при комплексной переработке сырья и использовании отходов весьма значительны. Энергоемкость производства алюминия из вторичного сырья в 20 раз ниже, чем из первичного, а стали - в 4 раза. В нефтепереработке выбросы низкопотенциального тепла составляют до 80% расходуемой энергии, а в теплоэнергетике - до 50 - 70%.

Существует тесная взаимосвязь между экономией энергии и загрязнением окружающей среды, поэтому снижение энергоемкости, так же как и материалоемкости продукции, дает ощутимый экологический эффект. В хозяйственном цикле добыча - обработка - потребление утилизация восполнение потерь в основном осуществляется за счет добытых первичных материальных ресурсов.

В настоящее время при производстве стали ВМР составляют 30%, при производстве бумаги 25%, цветных металлов 20%. В то же время капитальные вложения, необходимые для переработки вторичного сырья, примерно в четыре раза меньше, чем при получении продукции из первичного сырья.

Очевидно, что необходимо вкладывать средства в безотходные технологические процессы, которые сберегают сырьевые и энергетические

ресурсы и вместе с тем обеспечивают высокое качество продукции. Ресурсосберегающая технология - такая организация производства, при которой отходы сведены к минимуму и перерабатываются в реальные ВМР.

По определению Европейской экологической комиссии ООН по малоотходной технологии безотходная технология - это такой способ производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используются сырьё и энергия в цикле сырьевые ресурсы - производство - потребление - ВМР. При этом любое воздействие на окружающую среду не нарушает ее нормального функционирования.

Важно отметить, что полный цикл включает и стадию потребления. При ресурсосберегающей технологии предполагается создание оптимальных технологических схем с замкнутым материальным и энергетическим потоками.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое сортировка твёрдых бытовых отходов (ТБО) и какие основные этапы она включает?
2. Каковы основные принципы размещения полигонов для захоронения отходов и какие санитарные нормы должны соблюдаться при их проектировании?
3. Какие геологические формации считаются наиболее надёжными изоляторами для подземного хранения токсичных отходов?
4. В чём заключается роль промышленных отходов при рекультивации карьеров и как это влияет на окружающую среду?
5. Опишите процесс компостирования мусора и укажите, почему компост из ТБО не всегда пригоден для сельского хозяйства.
6. Какие плюсы и минусы имеет сжигание твёрдых бытовых отходов, и почему этот метод стал менее рентабельным?
7. В чём преимущество термической переработки по сравнению с традиционным сжиганием мусора?
8. Что представляет собой плазменная переработка ТБО и какие виды энергии и продуктов можно получить в результате?
9. Перечислите и охарактеризуйте низко- и высокотемпературные технологии термической переработки отходов.
10. Что такое пиролиз и анаэробная ферментация, какие продукты они дают, и каковы экологические преимущества этих технологий?

### **Информационные источники:**

1. Переработка отходов производства и потребления Под редакцией докт. техн. наук, проф.Б.Б.Бобовича, 2000 г, стр. 33
2. Инфографика с сайта <https://utilit86.ru/tag/utilizatsiya-othodov/>
3. Инфографика с сайта <https://www.svoboda.org/a/28791724.html>
4. Инфографика с сайта <https://infocons.ru/raznoe/etapy-utilizacii-otxodov.html>

5. Инфографика с сайта

[http://www.cleandex.ru/articles/2016/03/07/zavody\\_po\\_pererabotke\\_othodov](http://www.cleandex.ru/articles/2016/03/07/zavody_po_pererabotke_othodov)

6. <https://vyvezem.ru/termicheskaja-pererabotka-tbo/>

7. <https://works.doklad.ru/view/CbHBnhprjAY.html>

8. <https://egov.kz/cms/ru/law/list/V070004775>