

Белорусский национальный технический университет
Факультет горного дела и инженерной экологии
Кафедра «Инженерная экология»

Благовещенская Т.С., Цыганова А.А.

Электронный учебно-методический комплекс
по учебной дисциплине

КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

для специальности:

1-57 01 02 «Экологический менеджмент и аудит в промышленности»

Минск БНТУ 2024

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) содержит сведения об организации обращения с отходами на предприятиях и в организациях Республики Беларусь. В ЭУМК представлены основные термины и определения, принципы и требования законодательства¹ к сбору, накоплению, перевозке, утилизации отходов, приведены методы переработки, обезвреживания, захоронения отходов, основное оборудование и характеристика их эксплуатации. Даны указания к выполнению практических работ. Приведены требования к наполнению разделов пояснительной записки в курсовых проектах.

Пояснительная записка

Изучение принципов обращения с отходами производства базируется на анализе современных концепций и методологий по организации и осуществлению обращения с отходами.

На каждом промышленном предприятии и в организациях образуются отходы. Обращение с отходами – процесс, требующий комплексного подхода, регламентируется требованиями нормативных правовых актов (далее – НПА) и технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА) и является важным направлением профессиональной деятельности инженеров-экологов, поэтому подготовка специалистов в области охраны окружающей среды должна включать изучение дисциплины «Комплексное управление отходами».

ЭУМК является одним из вариантов нового поколения учебной литературы, предназначенный для более эффективного изучения предмета, а также формирования у студентов целостной системы знаний в области предотвращения образования, минимизации и управления отходами.

Создание ЭУМК обусловлено интенсивным развитием информационных технологий, нарастающей актуальностью его в образовательном процессе и служат для поддержки учебного процесса с использованием ИКТ технологий по всем предусмотренным Кодексом об образовании Республики Беларусь формам получения образования (очной, заочной, дистанционной).

Цель ЭУМК – помочь студентам, магистрантам, аспирантам и педагогам сформировать целостную систему знаний в области обращения с отходами.

Особенности структурирования и подачи учебного материала ЭУМК состоит в сочетании лекционного материала с практическими занятиями. Полученные знания и навыки студенты применяют при написании курсового проекта.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК – рекомендуется использовать при изучении дисциплины дифференцированный подход к обучению студентов – будущих инженеров.

¹ В ЭУМК приводятся термины и определения в соответствии с действующим законодательством РБ. При проведении лекционных и практических работ преподаватель предоставляет необходимую информацию в соответствии действующими НПА и ТНПА в области обращения с отходами. При самоподготовке, а также при выполнении практических работ и курсового проекта студенты должны руководствоваться актуальными НПА и ТНПА в области обращения с отходами.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ	4
Тема 1. Понятие отходов. Основные термины и определения. Источники образования отходов. Классификация отходов	4
Тема 2. Комплексное управление отходами: основные принципы и методы.	8
Тема 3. Образование отходов в мире и Республике Беларусь. Статистика образования отходов в Республике Беларусь	13
Тема 4. Организация обращения с отходами в Республике Беларусь. Требования НПА и ТНПА.	19
Тема 5. Документация по обращению с отходами на предприятии: порядок разработки и ведения...34	
Тема 6. Опасные отходы. Свойства опасных отходов. Отнесение отходов к классам опасности.	53
Тема 7. Способы переработки отходов. Механическая, термическая и механо-термическая переработка отходов.....	57
Тема 8. Вторичные материальные ресурсы, обращение с ними и способы переработки. Отходы пластмасс. Отходы бумаги и картона. Отходы металлов. Отходы резинотехнических изделий (отработанные шины).....	135
Тема 9. Медицинские отходы. Ртутьсодержащие отходы. Отработанные технологические жидкости.....	147
Тема 10 Твердые бытовые отходы. Устройство и эксплуатация полигонов.	195
Тема 11 Компостирование.	230
Тема 12 Экономические инструменты в области обращения с отходами.	263
РАЗДЕЛ II. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	265
Практическая работа №1 <u>О</u> пределение состава отходов.....	265
Практическая работа № 2. <u>О</u> пределение степени и класса опасности отходов	267
Практическая работа № 3 <u>Р</u> асчет норматива образования отходов.....	272
Практическая работа № 4 <u>В</u> ыявление образующихся отходов путем составления схем материальных потоков технологических процессов	277
Практическая работа № 5 <u>С</u> оставление диаграммы Исикавы для выявления корневых причин несоответствий при обращении с отходами на предприятии	279
Практическая работа № 6 <u>И</u> дентификация пластиковых отходов по их свойствам.....	283
Практическая работа №7 <u>Р</u> асчет полигона размещения отходов производства	291
РАЗДЕЛ III ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ.....	297
РАЗДЕЛ IV. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	299
ПРИЛОЖЕНИЕ ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	311
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	313

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Тема 1. Понятие отходов. Основные термины и определения. Источники образования отходов. Классификация отходов

Понятие отходов. Основные термины и определения.

Для изучения дисциплины необходимо знать следующие термины и определения².

Отходы - вещества или предметы, образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности, жизнедеятельности человека и не имеющие определенного предназначения по месту их образования либо утратившие свои потребительские свойства (отсутствует возможность использования веществ или предметов, относящихся к продукции, по первоначальному их назначению), за исключением:

- веществ или предметов, образующихся и применяемых в качестве сырья в рамках одного и того же технологического процесса;

- веществ или предметов, образующихся в процессе производства продукции и в своем исходном состоянии соответствующих требованиям, предъявляемым к продукции;

- трупов (тел, останков) людей, животных.

Вид отходов - совокупность отходов, имеющих общие признаки и классифицируемых в соответствии с настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами, в том числе техническими нормативными правовыми актами.

Временное хранение отходов - содержание отходов в месте временного хранения отходов до их заготовки, сортировки, использования, обезвреживания, захоронения и (или) долговременного хранения.

Вторичные материальные ресурсы - отходы, в отношении которых имеется возможность использования на территории Республики Беларусь.

Долговременное хранение отходов - содержание отходов, в отношении которых отсутствует возможность использования, обезвреживания и (или) захоронения на территории Республики Беларусь, на объектах хранения отходов.

Заготовка отходов - прием на возмездной или безвозмездной основе отходов, образующихся после утраты товарами и упаковкой потребительских свойств (далее - отходы товаров и упаковки), в целях их накопления и дальнейшей передачи на использование и (или) обезвреживание.

Засорение окружающей среды отходами - нахождение в окружающей среде отходов первого - третьего классов опасности в любом количестве и на любой площади земель, иных отходов в количестве более одной тонны или на площади земель свыше трех квадратных метров в нарушение требований законодательства об охране окружающей среды.

² Термины и определения приведены в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об обращении с отходами» N 271-3 от 20 июля 2007 г. (в ред. Закона Республики Беларусь от 28.06.2022 N 178-3)

Захоронение отходов - изоляция отходов на объектах захоронения отходов в целях предотвращения вредного воздействия отходов, продуктов их взаимодействия и (или) разложения на окружающую среду, здоровье людей, имущество, не предусматривающая возможности их дальнейшего использования, обезвреживания.

Инвентаризация отходов производства - определение количественных и качественных показателей отходов производства в целях учета таких отходов и установления нормативов их образования.

Использование отходов (утилизация отходов) (далее - использование отходов) - применение отходов для производства продукции (переработка отходов), производства (выработки) электрической и (или) тепловой энергии (далее - энергия), выполнения работ (оказания услуг).

Коммунальные отходы - все отходы потребления, а также отходы производства, включенные в устанавливаемый Министерством жилищно-коммунального хозяйства перечень отходов производства, относящихся к коммунальным отходам.

Лимит захоронения отходов производства - максимальное количество отходов производства определенного вида, установленное производителю отходов на определенный период времени для захоронения их на объектах захоронения отходов.

Лимит хранения отходов производства - максимальное количество отходов производства определенного вида, установленное производителю отходов на определенный период времени для долговременного хранения их на объектах хранения отходов.

Медицинские отходы - отходы, образующиеся в процессе осуществления медицинской, фармацевтической деятельности.

Место временного хранения отходов - капитальное строение (здание, сооружение), его часть, специальное оборудование (контейнер и т.п.), иное место, предназначенные для временного хранения отходов.

Норматив образования отходов производства - предельно допустимое количество отходов, образуемое при переработке единицы сырья, производстве единицы продукции или производстве (выработке) единицы энергии, а также при выполнении работы (оказании услуги).

Обезвреживание отходов - уничтожение отходов (в том числе сжигание отходов, не связанное с их использованием) и (или) действия, совершаемые с отходами, приводящие к снижению или ликвидации их опасных свойств.

Обращение с отходами - деятельность, связанная с образованием отходов, их сбором, разделением по видам отходов (в том числе разделением отходов по видам производителем отходов при их сборе, сортировкой отходов), удалением, перевозкой, подготовкой, использованием, обезвреживанием, захоронением и (или) хранением.

Объект захоронения отходов - полигон, иное капитальное строение (здание, сооружение), предназначенные для захоронения отходов.

Объект обезвреживания отходов - капитальное строение (здание, сооружение), его часть и (или) оборудование (установка), предназначенные для обезвреживания отходов.

Объект по использованию отходов - капитальное строение (здание, сооружение), его часть и (или) оборудование (установка), предназначенные для использования отходов.

Объект хранения отходов - капитальное строение (здание, сооружение), его часть и (или) оборудование, предназначенные для долговременного хранения отходов.

Опасные отходы - отходы, содержащие в своем составе вещества, обладающие каким-либо опасным свойством или их совокупностью, в таких количестве и виде, что эти отходы сами по себе либо при вступлении в контакт с другими веществами могут представлять непосредственную или потенциальную опасность причинения вреда окружающей среде, здоровью людей, имуществу вследствие их вредного воздействия.

Отходы потребления - отходы, образующиеся в процессе жизнедеятельности человека, не связанной с осуществлением экономической деятельности, в том числе отходы, образующиеся в потребительских кооперативах и садоводческих товариществах, а также смет, образующийся на землях общего пользования.

Отходы производства - отходы, образующиеся в процессе осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями (далее, если не указано иное, - субъекты хозяйствования) экономической деятельности (производства продукции, производства (выработки) энергии, выполнения работ (оказания услуг)).

Перевозка отходов - перемещение отходов с использованием транспортного средства от места их отправления до места назначения, выполняемое на договорной основе или других законных основаниях, включая погрузку (налив) отходов, их выгрузку (слив), остановки, стоянки и любое время нахождения отходов в транспортном средстве, требующееся в соответствии с условиями перевозки.

Производитель отходов - субъект хозяйствования, физическое лицо, не являющееся индивидуальным предпринимателем (далее - физическое лицо), экономическая деятельность, жизнедеятельность которых приводят к образованию отходов.

Размещение отходов - хранение и (или) захоронение отходов.

Санкционированное захоронение отходов - захоронение отходов в санкционированном месте захоронения отходов в порядке, установленном настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами.

Санкционированное место захоронения отходов - объект захоронения отходов, определенный производителю отходов для их захоронения в соответствии с настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами.

Санкционированное место хранения отходов - объект хранения отходов или место временного хранения отходов, определенные собственнику отходов для их хранения в соответствии с настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами.

Санкционированное хранение отходов - хранение отходов в санкционированном месте хранения отходов в порядке, установленном настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами.

Сбор отходов - накопление отходов в местах временного хранения отходов в целях последующего их удаления.

Собственник отходов - субъект хозяйствования, физическое лицо, приобретшие право владения, пользования и распоряжения отходами (включая образовавшиеся в результате их экономической деятельности, жизнедеятельности) в порядке, установленном настоящим Законом и гражданским законодательством.

Сортировка отходов - разделение по видам отходов потребления и отходов производства, подобных отходам жизнедеятельности населения, и извлечение из них

вторичных материальных ресурсов и (или) подлежащих обезвреживанию отходов в целях их дальнейшей передачи на использование и (или) обезвреживание.

Удаление отходов - временное хранение отходов и передача их на заготовку, сортировку, использование, обезвреживание, захоронение и (или) долговременное хранение.

Учет отходов - система непрерывного документального отражения информации о количественных и качественных показателях отходов, а также об обращении с ними.

Хранение отходов - временное и (или) долговременное хранение отходов.

Источники образования и классификация отходов.

Отходы возникают как в результате производственной деятельности, так и при потреблении человеком продукции и услуг, в соответствии с этим они подразделяются на отходы производства и отходы потребления. Например, в процессе производства образуются осадки сточных вод, продукты очистки выбросов в атмосферный воздух, разнообразные отходы – от технологического процесса, вспомогательной деятельности (ремонтные службы, столовые, транспортные участки, склады) отходы упаковки, остатки, зачистки, просыпи, загрязненный грунт и т.п.

Отходами производства могут быть представлены строительными отходами, отходами от самостоятельного обслуживания автотранспорта, упаковка, вышедшая из эксплуатации техника, металлолом, одежда, обувь, отходы пищи и т.п.

Таким образом, источниками образования отходов можно считать:

- склады для хранения сырья, материалов, запчастей, отходов и т.п;
- основные и вспомогательные процессы производства;
- оборудование;
- объекты строительства дорог, зданий и сооружений, их ремонт, техобслуживание и демонтаж;
- погрузочно-разгрузочные работы;
- эксплуатация, обслуживание, ремонт и хранение автотранспорта, включая внутризаводской;
- полигоны для захоронения отходов, шламоотвалы и шламонакопители;
- офисные помещения;
- предприятия оказания услуг (магазины, аптеки, парикмахерские, СТО, поликлиники, больницы, гостиницы, школы, ВУЗы, дома культуры, автозаправочные станции и т.п);
- бытовая, в том числе сложная, техника, электронные приборы, оргтехника;
- колхозы, фермерские хозяйства;
- коммунальная деятельность - парки, пляжи, уборка улиц;
- сезонная и санитарная обрезка и удаление объектов растительного мира;
- гаражные и садоводческие кооперативы;
- многоквартирные дома;
- частная жилая застройка;
- др.

В составе отходов производства и отходов потребления также следует выделять коммунальные отходы, перечень которых утверждается Министерством жилищно-коммунального хозяйства РБ.

Классификация отходов.

Существует несколько типов классификации отходов в зависимости от:

- происхождения - отходы производства и отходы потребления;
- агрегатного состояния - на твердые и жидкие отходы;
- степени опасности - на опасные и неопасные отходы;
- возможности их использования - на вторичные материальные ресурсы и иные отходы производства и потребления (к вторичным материальным ресурсам, например, можно отнести остатки сырья и материалов от процесса изготовления продукции и не полностью утратившие потребительную стоимость исходного сырья и материалов; они могут быть использованы в народном хозяйстве в качестве сырья или добавки к нему; продукты физико-химической переработки сырья, не являющиеся целью производства, которые могут быть использованы после доработки как готовая продукция или сырье для дальнейшей переработки;

получающиеся при добыче и обогащении полезных ископаемых продукты, которые не являются целью данного производственного процесса и могут быть использованы в народном хозяйстве после дополнительной доработки в качестве материалов, сырья для последующей переработки или готовой продукции.).

В свою очередь опасные отходы классифицируются по классам опасности:

- первый класс опасности - чрезвычайно опасные;
- второй класс опасности - высокоопасные;
- третий класс опасности - умеренно опасные;
- четвертый класс опасности - малоопасные.

Установление степени опасности отходов и класса опасности опасных отходов осуществляется на основании определения опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов (токсичность, патогенность, взрывоопасность, пожароопасность, высокая реакционная способность, способность при обезвреживании образовывать стойкие органические загрязнители) и иных опасных свойств отходов.

Классификация или же идентификация отходов осуществляется в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь, утверждаемым Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Тема 2. Комплексное управление отходами: основные принципы и методы.

Существует множество концепций системы управления отходами, которые отличаются в зависимости от страны или региона.

Иерархия управления отходами основывается на трех принципах: утилизация, вторичное использование и переработка, что лежит в основе классификации разрабатываемых стратегий по сокращению до минимума отходов. Цель иерархии - извлечь максимальный практический эффект из потребляемого продукта при минимальном

получении отходов.

Расширение сферы ответственности производителя — стратегия, разработанная для включения в рыночную цену продукта затрат, необходимых на протяжении всего срока его эксплуатации (включая расходы на его утилизацию). Концепция подразумевает возложение на производителя полной ответственности за весь жизненный цикл продукта и его упаковочный материал. Следовательно, фирмы, которые производят, импортируют и/или продают данный вид товара, также несут ответственность за него по истечении срока эксплуатации.

Принцип «загрязняешь - плати» - стратегия, предусматривающая возмещение причиненного вреда окружающей среде. В рамках проводимых мероприятий по управлению отходами производитель обязан оплачивать расходы на утилизацию собственных отходов.

Традиционные подходы к проблеме, например твердых бытовых отходов (далее – ТБО) заключались в уменьшении опасного влияния на окружающую среду отходов, путем изоляции свалки от грунтовых вод, очистки выбросов мусоросжигательного завода и т.д. Это типичный подход «конца трубы». Современные методы управления отходами заключаются в принятии решений в «источнике образования отходов», равно как и любого другого воздействия на окружающую среду (например, выбросы в атмосферный воздух, сбросы сточных и очищенных вод и т.п.).

Принципы комплексного управления отходами.

Основа концепции комплексного управления отходами (ТБО) состоит в том, что бытовые отходы состоят из различных компонентов, которые не должны смешиваться между собой, а должны утилизироваться отдельно друг от друга наиболее экономичными и экологически приемлемыми способами.

Можно выделить следующие основные принципы комплексного управления отходами.

1. Отходы состоят из разных компонентов, поэтому они не должны смешиваться между собой, а должны утилизироваться отдельно друг от друга, наиболее экологичными и экономичными способами.

2. Комбинация технологий и мероприятий, включая сокращение количества отходов, в основном поступающих от промышленных предприятий, включающих вторичную переработку и компостирование, захоронение на полигонах и мусоросжигание - должна использоваться для утилизации тех или иных специфических компонентов отходов. Все технологии и мероприятия разрабатываются системно, в комплексе, дополняя друг друга.

3. Муниципальная система утилизации отходов должна разрабатываться с учетом конкретных местных проблем и базироваться на местных ресурсах.

4. Комплексный подход к переработке отходов основывается на стратегически долгосрочном планировании, обеспечивая необходимую гибкость адаптации к будущим изменениям в составе и количестве отходов (особенно ТБО) и постоянном совершенствовании технологий утилизации. Мониторинг и оценка результатов мероприятий должны непрерывно сопровождать разработку и осуществление программ утилизации отходов.

5. Участие городских властей, а также всех групп населения — необходимый элемент любой программы решения проблемы ТБО

При определении целей программы по утилизации отходов необходимо принимать во внимание иерархию комплексного управления отходами (рис.1). Такая иерархия подразумевает, что в первую очередь должны рассматриваться мероприятия по первичному сокращению отходов, затем по вторичному сокращению: повторному использованию и переработке оставшейся части отходов и в самую последнюю очередь – мероприятия по утилизации или захоронению тех отходов, возникновения которых не удалось избежать и которые не поддаются переработке во вторсырье.

На самом верху этой иерархии - сокращение отходов «у источника», которое подразумевает не только уменьшение общего количества отходов, но и уменьшение их вредных свойств.

Вторичная переработка (включая компостирование) – это вторая ступень в иерархии. Вторичная переработка подразумевает использование отходов, извлечение из их состава ценных компонентов.



Рисунок 1 – Иерархия методов комплексного управления отходами.

Ниже в иерархии стоят сжигание отходов и захоронение на полигонах. Мусоросжигание уменьшает объем отходов, попадающих на полигоны, и может использоваться для производства электроэнергии. Мусоросжигательные установки должны быть оборудованы эффективными системами газоочистки, генераторами электроэнергии и должны использоваться в комбинации с другими методами утилизации отходов.

Захоронение на полигонах продолжает оставаться необходимым методом для размещения отходов, однако должен применяться в крайних случаях.

В дополнение к традиционным способам неотъемлемой частью утилизации отходов должны стать следующие мероприятия:

- сокращение количества отходов;
- вторичная переработка;
- компостирование.

Только комбинация нескольких программ и мероприятий может способствовать

эффективному решению проблемы отходов. Для каждого населенного пункта необходим выбор определенной комбинации подходов, учитывающий местные ресурсы. При реализации мероприятий и конкретных программ, в первую очередь, должны рассматриваться мероприятия по первичному сокращению отходов, затем по вторичному, т. е. повторному использованию и переработке оставшейся части отходов, и только потом проводить мероприятия по утилизации или захоронению отходов, которые не поддаются переработке.

Первичное сокращение отходов достигается вследствие переориентации производителей и потребителей на продукты и упаковку, которые приводят к меньшему образованию отходов.

Обязательным условием для осуществления вторичной переработки отходов является разделение компонентов. После разделения компоненты, подвергающиеся вторичной переработки, вовлекаются в производственный цикл; часть отходов, подвергающаяся биологической деструкции, направляется на заводы по производству компоста.

Неутилизированные отходы складываются на полигонах или подвергаются термической деструкции, также может быть использовано брикетирование. Метод брикетирования сравнительно новый в проблеме утилизации отходов. Брикеты представляют собой наиболее простую и экономичную форму упаковки. Уплотнение, присущее этому процессу, способствует уменьшению занимаемого объема и, как следствие, к экономии при хранении и транспортировке. Достоинством брикетирования является уменьшение объема отходов, следовательно, уменьшение затрат на транспортировку и площадей, занимаемых отходами.

Трудности в процессе брикетирования бытовых отходов вызывает тот факт, что они гетерогенны по своему составу. Брикетирование может использоваться для отдельных компонентов отходов: металлических изделий, бумаги, пластмассы.

Сокращение отходов.

В развитых странах кампания за сокращение отходов ведется давно и в основном направлена на минимизацию использования упаковки, так как значительная часть ТБО состоит из упаковочных материалов: около 30% отходов по весу и 50% по объему составляют различные виды пластика.

Поэтому уменьшение отходов, связанных с упаковкой товаров, является одним из важнейших направлений работы по сокращению отходов. Следующие рекомендации помогут сократить объем не только ТБО, но и в некоторых случаях отходов производства.

Избегать ненужной упаковки. Многие предметы в магазинах упаковываются только для того, чтобы привлечь внимание покупателя: например, т.н. blister packaging – мелкие предметы, помещенные на ярко раскрашенную картонную подложку и закрытые прозрачным пластиком.

Отдавать предпочтение продуктам многоразового использования. Отдавать предпочтение минимальной упаковке – приобретать товары с более легкой упаковкой и товары, продающиеся большими объемами.

Отдавать предпочтение упаковке, которую можно вторично использовать или

переработать. Среди упаковочных материалов, используемых как вторсырье, алюминий составляет 47%, бутылки для газированной воды – 17%, стальные консервные банки – 15%, стекло – 11% (цифры приведены для США).

Отдавать предпочтение упаковке, изготовленной из вторично переработанных и/или экологически безвредных материалов. В настоящее время не существует однозначного соглашения о том, что считать «вторично переработанным» материалами, то есть какой процент вторсырья они должны содержать. Разумно полагаться на специальную экологическую маркировку, наносимую на товары и упаковку во многих странах.

Ввести ограничение разнообразия упаковок. Например, даже в таких странах с высоким уровнем жизни, как Дания и Норвегия, разрешены к применению не более 20 типов бутылок для напитков.

Второй элемент сокращения отходов – удаление особо опасных отходов, таких как детергенты, ядохимикаты, лакокрасочные материалы, аккумуляторы и батарейки и т.д. из потока ТБО. Эти продукты не должны попадать на обычные полигоны или мусоросжигательные заводы. Обращение с опасными отходами, включая их транспортировку и хранение обычно требует применения дорогостоящих «высоких» технологий и, как правило, осуществляется организациями, имеющими государственную лицензию на деятельность такого типа, работа которых оплачивается производителем опасных отходов, или, в особых случаях, страховыми компаниями или государством.

Государственная политика обращения с отходами в Республике Беларусь.

Основными принципами в области обращения с отходами являются:

- обязательность изучения опасных свойств отходов и установления степени опасности отходов и класса опасности опасных отходов;
- нормирование образования отходов производства, а также установление лимитов хранения и лимитов захоронения отходов производства;
- использование новейших научно-технических достижений при обращении с отходами;
- приоритетность использования отходов по отношению к их обезвреживанию или захоронению при условии соблюдения требований законодательства об охране окружающей среды и с учетом экономической эффективности;
- приоритетность обезвреживания отходов по отношению к их захоронению;
- экономическое стимулирование в области обращения с отходами;
- платность размещения отходов производства;
- ответственность за нарушение природоохранных требований при обращении с отходами;
- возмещение вреда, причиненного при обращении с отходами окружающей среде, здоровью граждан, имуществу;
- обеспечение юридическим и физическим лицам, в том числе индивидуальным предпринимателям, доступа к информации в области обращения с отходами.

Тема 3. Образование отходов в мире и Республике Беларусь. Статистика образования отходов в Республике Беларусь

Образование отходов в мире.

Согласно оценкам Всемирного Банка, ежегодно в мире образуется 2,01 млрд т твердых коммунальных отходов (ТКО), причем не менее трети из них не утилизируются экологически безопасным способом. Во всем мире количество отходов, образующихся на человека в сутки, составляет в среднем 0,74 кг, но колеблется в широких пределах — от 0,11 до 4,54 кг. Страны с высоким уровнем доходов, на которые приходится лишь 16% населения мира, производят около 34% или 683 млрд т мировых отходов.

В целом существует положительная корреляция между образованием отходов и уровнем дохода. Прогнозируется, что образование отходов на душу населения в странах с высоким уровнем дохода к 2050 году увеличится на 19% по сравнению со странами с низким и средним уровнем дохода, где ожидается увеличение примерно на 40% и более.

Образование отходов в обществах с самым низким уровнем дохода низкое, но затем увеличивается быстрыми темпами в связи с увеличением потребления при низком уровне дохода, чем в обществах с высоким уровнем дохода. Ожидается, что к 2050 году общее количество отходов, образующихся в странах с низким уровнем доходов, увеличится более чем в три раза.

В Восточной Азии и Тихоокеанском регионе образуется большая часть мировых отходов — 23%, а регион Ближнего Востока и Северной Африки производит меньше всего в абсолютном выражении — 6%. Тем не менее, самыми быстрорастущими регионами являются Африка, Южная Азия, Ближний Восток, где к 2050 году общий объем образования отходов может вырасти в 2-3 раза. В этих регионах в настоящее время открыто размещается более половины отходов, и тенденции роста отходов будут иметь серьезные последствия для окружающей среды, здоровья и благосостояния, что требует принятия срочных мер.

В перспективе ожидается, что к 2050 году объем отходов в мире вырастет до 3,4 млрд т, что более чем вдвое превышает рост населения за тот же период. Это может быть связано с ростом благосостояния и соответственно потребления среднего класса. Как известно, наиболее быстрый рост среднего класса, потребления и связанный с ним рост ТКО наблюдается в абсолютных величинах в Китае и Индии.

В Китае загрязнение окружающей среды из-за чрезмерного образования ТКО является одной из главных проблем страны, связанной с тем, что масштабы урбанизации увеличились с 17,9% в 1978 г. до 51,3% в 2011 г., оказывая экологическое давление на городские территории. За этот период количество отходов резко возросло с годовым темпом роста, превышающим 10%.

Увеличение объема и сложности состава отходов создает серьезные риски для окружающей среды и здоровья населения. В настоящее время ежегодный рост образования ТКО оценивается примерно в 8–10%.

Управление ТКО в Китае (MSWM) занимается перестройкой сектора отходов с использованием технологий Индустрии 4.0. Это направлено в целом на переход к

экономике замкнутого цикла (circular economy, CE), а не только решения проблем ТКО. Очевидно, что цифровизация является для Китая движущей силой для перехода к стратегиям низкоуглеродного развития в рамках CE. Благодаря цифровизации сектор отходов способствовал предотвращению, сокращению, повторному использованию и переработке отходов (три принципа циркулярной экономики) до их захоронения на свалках. Надлежащее внедрение переработки отходов на основе цифровизации способствовало эффективному сотрудничеству между государством и частным сектором, расширению возможностей трудоустройства и способствовало сохранению ресурсов, с другой стороны, обеспечивая прозрачность и прослеживаемость сектора.

С 1995 года Китай ввел мусоросжигательные заводы в качестве альтернативы свалкам. В 2020 году почти 35% от общего количества ТКО были утилизированы путем сжигания, из них 61% отправлены на свалку и только 4,4% переработаны. Низкий уровень вторичной переработки объясняется отсутствием рынка вторичных материалов и официальных инициатив по вторичной переработке.

На протяжении многих лет в Китае на системы переработки влиял импорт недорогих вторичных материалов из стран с высоким уровнем дохода, которые экспортировали свои материалы, чтобы избежать использования своих ограниченных мощностей свалок, где стоимость дороже, а нормативы использования свалок в ЕС значительно строже.

Сжигание является основным видом переработки опасных отходов и промышленных отходов в Китае. Китайские мусоросжигательные заводы следуют модели «отходы-в-энергию» (WTE), в которой полученное тепло используется для выработки электроэнергии. Тем не менее, работа мусоросжигательных заводов столкнулась с ограничениями из-за высоких выбросов диоксинов и сложности утилизации отходов сжигания, которые воздействуют на окружающую среду и здоровье населения. Чтобы решить эту проблему, Китай (так же, как и ЕС) используют технологию сжигания в циркулирующем кипящем слое.

Прогнозируется, что объем образования твердых бытовых отходов в странах ЕС увеличится с 2,3 млрд тонн в 2023 году до 3,8 млрд тонн к 2050 году. В 2020 году глобальные прямые затраты на утилизацию отходов составили, по оценкам, 252 млрд долларов США. Если учесть скрытые издержки, связанные с загрязнением окружающей среды, неудовлетворительным состоянием здоровья и изменением климата из-за неправильной практики утилизации отходов, то стоимость увеличивается до 361 млрд долларов США. Без принятия неотложных мер в деле обращения с отходами к 2050 году эти глобальные ежегодные расходы могут почти удвоиться и составить ошеломляющие 640,3 млрд долларов США.

Моделирование показывает, что взятие отходов под контроль путем принятия мер по предотвращению образования отходов и управлению ими может ограничить чистые ежегодные затраты к 2050 году до 270,2 млрд долларов США. Однако прогнозы показывают, что экономическая модель замкнутого цикла, в которой образование отходов и экономический рост не связаны за счет внедрения методов предотвращения отходов, устойчивой модели ведения бизнеса и полного управления отходами, фактически может привести к полной чистой прибыли в размере 108,5 млрд долларов США в год.

Статистика образования отходов в Республике Беларусь.

В 2022 г. в Республике Беларусь образовалось порядка 40 млн. тонн отходов производства. Из общего объема наиболее значительный объем образования крупнотоннажных отходов: галитовых отходов и шламов галитовых глинисто-солевых – около 19 млн. тонн; фосфогипса – 879 тыс. тонн (таблица 1).

Образование отходов производства на территории Беларуси неравномерно: без учета галитовых отходов, глинисто-солевых шламов и фосфогипса 29 % отходов образуется на предприятиях, расположенных в Минской области; 17 % – в Могилевской; 16 % – в г. Минске; 11 % – в Гомельской; 12 % – в Гродненской; 11 % – в Брестской; 4 % – в Витебской области.

Объем использования отходов производства без учета крупнотоннажных отходов в 2022 году составил порядка 19,4 тыс. тонн, а уровень использования отходов производства – порядка 92 %. Сохранился высокий уровень использования традиционных видов вторичных материальных ресурсов, относящихся к отходам производства: по итогам 2022 года использовано 98 % отходов бумаги и картона, 99,8 % отходов стекла, 97 % полимерных отходов, 106,4 % изношенных шин, 97 % отходов синтетических и минеральных масел (отработанные масла).

Кроме этого, в 2022 году более 104 тыс. тонн отходов производства было обезврежено, порядка 690 тыс. тонн направлено на захоронение на объекты захоронения отходов. Объем накопленных отходов на объектах хранения предприятий увеличился за 2022 год на 1,7 % и составил на конец года свыше 1350 млн. тонн, из них отходов 1 – 4 класса опасности – 9,1 млн. тонн.

Необходимо отметить, что в 2022 году предприятиями республики проведено более 2,5 тыс. мероприятий, направленных на сокращение объемов образования и (или) накопления отходов производства.

Минприроды координирует работу по реализации в Республике Беларусь положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях и Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением.

В целях выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в настоящее время реализуется подпрограмма 3 «Обращение со стойкими органическими загрязнителями» государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021 – 2025 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. № 99. В рамках выполнения требований Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением Минприроды осуществляет выдачу разрешительных документов на трансграничное перемещение отходов.

В рамках Закона Республики Беларусь от 14 октября 2022 г. № 213-З «О лицензировании» Минприроды осуществляется лицензирование деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду в части использования отходов 1–3 класса опасности, обезвреживания, захоронения отходов.

Для решения проблемных вопросов в части управления опасными веществами (отходами) Республикой Беларусь было привлечено финансирование Глобального

экологического фонда для реализации двух крупномасштабных проектов с общим объемом финансирования более 12 млн. долл. США.

Проекты направлены на ликвидацию складов непригодных пестицидов, уничтожение опасных отходов, содержащих полихлорированные бифенилы, проведение детальных обследований 5 подземных хранилищ непригодных пестицидов, приобретение аналитического оборудования и многое другое. Одним из основных мероприятий реализации данных проектов является создание объекта экологически безопасного уничтожения стойких органических загрязнителей и других опасных отходов на базе КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области».

Совместно с ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов» организацию работ в сфере обращения с ВМР осуществляют местные исполнительные и распорядительные органы.

В соответствии с пунктом 3 статьи 17 Закона Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 271-З «Об обращении с отходами» физические лица, не являющиеся индивидуальными предпринимателями, обязаны обеспечивать сбор отходов и их разделение по видам, если для этого юридическими лицами, обслуживающими жилые дома, созданы в соответствии с настоящим Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, необходимые условия.

Так, в настоящее время в республике действуют следующие механизмы сбора ВМР в составе коммунальных отходов:

- заготовка ВМР через систему приемных (заготовительных) пунктов;
- отдельный сбор отходов от населения с помощью специально установленных контейнеров для отдельного сбора ВМР (отходы стекла, полимерные отходы, отходы бумаги и картона) с их последующей дополнительной сортировкой (досортировкой) на линиях сортировки;
- сортировка смешанных коммунальных отходов на линиях сортировки и на мусороперерабатывающих заводах.

В 2022 году сбор основных видов вторичных материальных ресурсов (отходы бумаги и картона, отходы стекла, полимерные отходы, изношенные шины, отработанные масла, отходы электрического и электронного оборудования) составил порядка 800 тыс. тонн.

В соответствии с Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. № 50, реализуется подпрограмма 6 «Цель 99». Движение «Цель 99» запущено как единая информационная кампания для развития ответственного отношения жителей Республики Беларусь к отходам потребления, популяризации использования и отдельного сбора отходов, стремления сортировать максимум отходов.

Также в республике имеется крупное специализированное предприятие ОАО «Белвторресурсы», одним из основных видов деятельности которого является сбор (заготовка) ВМР от населения через приемные (заготовительные) пункты. На сайте этого предприятия можно также ознакомиться с адресами таких пунктов, их графиком

работы и видами принимаемых ВМР, и с закупочными ценами для физических лиц на все виды принимаемых ВМР.

От общего объема образования твердых коммунальных отходов (ТКО) в Беларуси различные полимеры составляют 8%. В 2022 году в нашей стране образовалось более 4 млн тонн ТКО. Из них около 320 тыс. тонн составил пластик.

Более половины из них составляют чистые пластиковые отходы производства. Остальной объем приходится на то, что попадает в контейнеры и лишь частично извлекается для переработки. Остальные полимеры оказываются на свалках. К сожалению, не весь пластик можно переработать.

К примеру, тонкие пластиковые пакеты, одноразовая пластиковая посуда, включая стаканчики, флаконы и многое другое. Распад некоторых видов пластика в природных условиях достигает нескольких сотен лет.

Именно поэтому вопрос с полимерными отходами актуален для современного белорусского общества, в частности, разрабатываются решения по снижению образования пластиковых отходов. Приоритет снижения образования отходов из пластика закреплён в национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами. Самый верный путь снижения образования полимерного мусора заключается в замене пластика на изделия из материалов, которые могут быть переработаны. Это бумага, стекло, картон и прочие. Либо на те, которые могут относительно оперативно разложиться в естественных условиях без вреда для природы.

Таблица - 1. Образование отходов в Республике Беларусь за период 2017–2022 гг.

№ п п	Источник образования отходов	Единица	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство	1000 т/год	621,0	698,900	727,4	997,1	702,4	702,8
2	Горнодобывающая промышленность	1000 т/год	1 011,9	1 207,110	1 248,8	455,9	1 670,8	1 675,6
3	Обрабатывающая промышленность	1000 т/год	47 855,3	52 024,990	50 887,6	50 016,6	50 506,8	27 890,6
4	Снабжение электричеством, газом, паром и кондиционированным воздухом	1000 т/год	447,5	705,890	661,4	499,3	511,3	1 487,3
5	Строительство	1000 т/год	1 446,8	1 682,410	1 976,6	1 857,0	1 756,9	1 713,2
6	Другие виды экономической деятельности	1000 т/год	4 123,6	4 404,100	5 335,1	7 357,7	7 101,8	6 617,3
7	Всего образовано отходов производства	1000 т/год	55 506,0	60 723,400	60 836,8	61 183,4	62 250,0	40 086,74
8	Образование твердых коммунальных отходов	1000 т/год	3 801,4	3 795,3	3 784,8	4 070,4	3 970,2	3 994,3
9	Население страны	млн. чел.	9,5	9,4	9,4	9,4	9,3	9,2
10	Отходы производства на душу населения	кг / чел	5 868,1	6 433,4	6 458,4	6 522,8	6 691,7	4 344,0
11	Твердые коммунальные отходы на душу населения	кг / чел	401,9	402,1	401,8	433,9	426,8	432,8

Тема 4. Организация обращения с отходами в Республике Беларусь. Требования НПА и ТНПА.

Обращение с отходами - деятельность, связанная с образованием отходов, их сбором, разделением по видам отходов (в том числе разделением отходов по видам производителем отходов при их сборе, сортировкой отходов), удалением, перевозкой, заготовкой, использованием, обезвреживанием, захоронением и (или) хранением.

Все этапы обращения с отходами регламентируются требованиями НПА и ТНПА, рассмотрим основные из них.

Закон Республики Беларусь N 271-З «Об обращении с отходами», 20 июля 2007 г.

Глава 4. Обращение с отходами.

Статья 17. Обязанности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и физических лиц в области обращения с отходами.

П.1. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие обращение с отходами, обязаны:

- обеспечивать сбор отходов и их разделение по видам, за исключением случаев, когда смешивание отходов разных видов допускается в соответствии с техническими нормативными правовыми актами;

- обеспечивать обезвреживание и (или) использование отходов, а также их хранение в санкционированных местах хранения отходов или захоронение в санкционированных местах захоронения отходов.

П.3. Физические лица, не являющиеся индивидуальными предпринимателями, обязаны обеспечивать сбор отходов и их разделение по видам, если для этого юридическими лицами, обслуживающими жилые дома, созданы в соответствии с Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, необходимые условия.

П.5. Собственники передаваемых в пользование зданий, сооружений и иных объектов либо уполномоченные ими лица обязаны создавать места временного хранения отходов, а также создавать иные условия производителям отходов для выполнения ими требований, установленных Законом и иными актами законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами.

П.7. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие эксплуатацию объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов, обязаны:

- осуществлять хранение, захоронение и обезвреживание отходов в соответствии с требованиями, установленными законодательством об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами;

- содержать в технически исправном состоянии оборудование и сооружения, предотвращающие загрязнение окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения.

П.9. Собственники отходов потребления при невозможности их использования в соответствии с требованиями, установленными законодательством об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, обязаны принять меры по доставке отходов потребления в санкционированные места хранения отходов.

П.10. Собственники отходов либо уполномоченные ими юридические лица или индивидуальные предприниматели при перевозке отходов обязаны:

- использовать транспортные средства, обеспечивающие безопасную перевозку отходов;

- указывать в договоре перевозки отходов требования к погрузочно-разгрузочным работам, упаковке и условия, обеспечивающие безопасную перевозку отходов.

П.11. Собственники отходов производства при осуществлении их перевозки обязаны оформлять сопроводительный паспорт перевозки отходов производства, за исключением случаев, указанных в НПА.

Статья 18. Требования к обращению с отходами производства.

П.1. Требования к обращению с отходами производства устанавливаются актами законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, а также инструкциями по обращению с отходами производства, разрабатываемыми и утверждаемыми по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды в установленном порядке.

Статья 19. Требования к обращению с коммунальными отходами.

П.1. Коммунальные отходы подлежат сбору и удалению в соответствии со схемами обращения с коммунальными отходами, разрабатываемыми и утверждаемыми местными исполнительными и распорядительными органами по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, уполномоченными государственными органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор.

Статья 20. Требования к обращению с отходами товаров и упаковки.

П.1. Отходы товаров и упаковки подлежат сбору, обезвреживанию и (или) использованию. Обязанность по обеспечению сбора, обезвреживания и (или) использования отходов товаров и упаковки распространяется на юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих производство и (или) ввоз товаров.

П.2. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие производство и (или) ввоз товаров, обязаны:

- обеспечивать сбор, обезвреживание и (или) использование отходов товаров и упаковки путем:

применения собственной системы сбора, обезвреживания и (или) использования отходов товаров и упаковки;

заключения договора об организации сбора, обезвреживания и (или) использования отходов товаров и упаковки со специально уполномоченной государственной

некоммерческой организацией - оператором в сфере обращения со вторичными материальными ресурсами и внесения платы за организацию сбора, обезвреживания и (или) использования отходов товаров и упаковки на текущий (расчетный) банковский счет со специальным режимом функционирования этой организации;

- предоставлять информацию о выполнении обязанности по обеспечению сбора, обезвреживания и (или) использования отходов товаров и упаковки независимо от способа ее выполнения в адрес специально уполномоченной государственной некоммерческой организации - оператора в сфере обращения со вторичными материальными ресурсами.

П.5. Юридические лица, осуществляющие розничную торговлю, должны обеспечивать сбор отходов товаров и упаковки от физических лиц в местах их реализации (ремонта, технического обслуживания) по перечню и в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь.

Статья 22. Требования к обращению с отходами при осуществлении строительной деятельности.

П.2. При разработке проектной документации на строительство должен предусматриваться комплекс мероприятий по обращению с отходами, включающий в себя:

- определение количественных и качественных (химический состав, агрегатное состояние, степень опасности и т.д.) показателей образующихся отходов и возможности их использования;

- определение мест временного хранения отходов на строительной площадке;

- проектные решения по перевозке отходов в санкционированные места хранения отходов, санкционированные места захоронения отходов либо на объекты обезвреживания отходов и (или) на объекты по использованию отходов;

- иные мероприятия, направленные на обеспечение соблюдения законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актов.

Статья 24. Сбор отходов и их разделение по видам.

П.1. Сбор отходов и их разделение по видам осуществляются производителями отходов либо уполномоченными ими юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, осуществляющими обращение с отходами.

П.2. Смешивание отходов разных видов в соответствии с техническими нормативными правовыми актами допускается при захоронении и (или) обезвреживании отходов.

Статья 25. Хранение и захоронение отходов.

П.1. Хранение и захоронение отходов допускаются только в санкционированных местах хранения отходов и санкционированных местах захоронения отходов.

П.2. Санкционированные места хранения отходов производства и санкционированные места захоронения отходов производства, лимиты хранения и лимиты захоронения отходов производства и иные условия по обращению с отходами производства устанавливаются в разрешениях на хранение и захоронение отходов производства или в комплексных природоохранных разрешениях, выдаваемых территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. При временном хранении отходов производства в целях накопления

количества отходов, необходимого для перевозки, санкционированные места хранения отходов производства указываются в инструкциях по обращению с отходами производства, в которых определяются периодичность вывоза отходов производства и (или) допустимое количество их накопления. Нарушение периодичности вывоза отходов производства и (или) превышение допустимого количества их накопления при временном хранении не допускаются.

При временном хранении отходов производства в случае отсутствия инструкции по обращению с отходами производства, разработка и утверждение которой не требуются в соответствии с настоящим Законом и иными законодательными актами, санкционированными местами хранения таких отходов являются места временного хранения отходов, расположенные в пределах земельных участков, капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, предоставленных индивидуальным предпринимателям и микроорганизациям в соответствии с законодательством либо принадлежащих им на праве собственности или ином вещном праве.

При этом:

- периодичность вывоза отходов производства устанавливается в соответствии с заключенными договорами на оказание услуг по удалению отходов производства, а при отсутствии таких договоров - не реже одного раза в квартал;

- допустимое количество накопления отходов производства не устанавливается.

При временном хранении отходов, предназначенных для подготовки, санкционированные места хранения таких отходов указываются в инструкциях по обращению с отходами производства, в которых определяется количество накопления отходов, предназначенных для подготовки.

Санкционированные места хранения отходов, предназначенных для использования и (или) обезвреживания, при временном хранении на объектах по использованию отходов и (или) объектах обезвреживания отходов указываются в инструкциях по обращению с отходами производства, в которых определяется количество накопления отходов, предназначенных для использования и (или) обезвреживания на таких объектах.

П.3. Санкционированные места хранения отходов потребления и санкционированные места захоронения отходов потребления, за исключением отходов, образующихся на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения, определяются местными исполнительными и распорядительными органами в схемах обращения с коммунальными отходами.

П.4. Санкционированные места хранения отходов и санкционированные места захоронения отходов, образующихся на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения, определяются пользователями земель природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения в схемах обращения с такими отходами.

П.5. Захоронение вторичных материальных ресурсов запрещается.

Статья 26. Перевозка отходов.

П.1. Перевозка отходов осуществляется с использованием транспортных средств, обеспечивающих предотвращение вредного воздействия перевозимых

отходов на окружающую среду, здоровье граждан, имущество, в соответствии с Законом об обращении с отходами, гражданским законодательством и законодательством о транспорте, а перевозка опасных отходов, классифицированных как опасные грузы, - в соответствии с законодательством в области перевозки опасных грузов.

П.2. Перевозка отходов производства допускается при наличии сопроводительного паспорта перевозки отходов производства, за исключением:

- перевозки на захоронение (в соответствии с заключенными договорами на оказание услуг) отходов производства, относящихся к коммунальным отходам, вывоз которых осуществляется юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, осуществляющими сбор и вывоз отходов производства, относящихся к коммунальным отходам;

- перевозки отходов производства, производитель которых одновременно является их собственником, получателем и юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, осуществляющим перевозку таких отходов;

- перевозки отходов производства на хранение, захоронение, обезвреживание и (или) использование за пределы территории Республики Беларусь;

- перевозки отходов производства, осуществляемой при наличии товарно-транспортной накладной (за исключением перевозки опасных отходов, осуществляемой с соблюдением международных договоров Республики Беларусь).

Сопроводительный паспорт перевозки отходов производства должен содержать сведения:

- о производителе перевозимых отходов производства;

- о собственнике перевозимых отходов производства в случае, если он не является их производителем;

- о получателе перевозимых отходов производства;

- о юридическом лице или индивидуальном предпринимателе, осуществляющих перевозку отходов производства;

- о транспортном средстве, на котором осуществляется перевозка отходов производства;

- об упаковке перевозимых отходов производства.

Статья 28. Использование отходов.

П.1. Отходы должны использоваться в соответствии с Законом об обращении с отходами и иными актами законодательства, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами.

П.2. Использование отходов с применением технологий, приводящих к образованию стойких органических загрязнителей в объемах, превышающих установленные обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, запрещается.

3. Объекты по использованию отходов, введенные в эксплуатацию, подлежат регистрации в реестре объектов по использованию отходов в порядке, определяемом Советом Министров Республики Беларусь.

Ведение реестра объектов по использованию отходов осуществляется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды либо организацией, уполномоченной им на ведение этого реестра.

4. Эксплуатация объектов по использованию отходов, не включенных в реестр таких объектов, не допускается.

Статья 29. Обезвреживание отходов.

П.1. Обезвреживание отходов должно осуществляться только на объектах обезвреживания отходов, эксплуатация которых производится в соответствии с требованиями, установленными Законом об обращении с отходами, иными актами законодательства об обращении с отходами, об охране окружающей среды, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами.

П.2. Обезвреживание отходов с применением технологий, приводящих к образованию стойких органических загрязнителей в объемах, превышающих установленные обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами, а также уничтожение при обезвреживании вторичных материальных ресурсов запрещаются.

П.3. Обезвреживание отходов, образовавшихся в результате уничтожения лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники, осуществляется в порядке, установленном Министерством здравоохранения по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Статья 30. Размещение и строительство объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов.

П.2. При проектировании объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов в проектной документации должны предусматриваться проектные решения по:

- созданию сооружений (устройств), обеспечивающих учет отходов, поступающих на эти объекты;
- созданию сооружений, обеспечивающих проведение локального мониторинга окружающей среды в период эксплуатации этих объектов, а для объектов захоронения отходов - и после их вывода из эксплуатации;
- выводу из эксплуатации, демонтажу, сносу объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов, а также рекультивации земельных участков, на которых были размещены объекты хранения и обезвреживания отходов, с соблюдением требований, установленных Законом об обращении с отходами, иными актами законодательства об обращении с отходами, об охране окружающей среды, в том числе обязательными для соблюдения техническими нормативными правовыми актами.

П.3. При проектировании объектов хранения и захоронения отходов в проектной документации также должен предусматриваться комплекс мероприятий по предотвращению в период эксплуатации этих объектов и после их вывода из эксплуатации загрязнения окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения.

При проектировании объектов обезвреживания отходов в проектной документации также должно быть предусмотрено строительство сооружений, обеспечивающих обезвреживание или использование продуктов взаимодействия и (или) разложения отходов, образующихся при их обезвреживании.

При проектировании объектов захоронения коммунальных отходов мощностью более 30 тысяч тонн в год в проектной документации также должно быть

предусмотрено строительство сооружений, обеспечивающих извлечение вторичных материальных ресурсов из отходов, поступающих на захоронение.

П.4. Запрещается размещение объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов на землях природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения, водного и лесного фондов, а объектов хранения и захоронения отходов - и на землях населенных пунктов.

Статья 31. Эксплуатация объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов.

1. Объекты хранения, захоронения и обезвреживания отходов, введенные в эксплуатацию, подлежат учету в реестре объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов в порядке, определяемом Советом Министров Республики Беларусь.

Реестр объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов размещается на сайте Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия "Бел НИЦ "Экология" (<http://www.ecoinfo.by/>).

П.9. Эксплуатация объектов захоронения коммунальных отходов мощностью свыше 1 тысячи тонн в год без действующих сооружений, предотвращающих загрязнение окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения, с 1 января 2015 года запрещается.

Постановление министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь N 5-Т «Об утверждении экологических норм и правил», 18 июля 2017 г.

П.14. При осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с использованием и (или) обезвреживанием отходов, должна соблюдаться технология использования и (или) обезвреживания отходов, в том числе порядок ведения технологического процесса использования и (или) обезвреживания отходов, который устанавливается в технологическом регламенте, разрабатываемым и утверждаемым руководителем субъекта хозяйствования, осуществляющим деятельность, связанную с использованием и (или) обезвреживанием отходов.

П.15. При планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с эксплуатацией объектов по использованию и (или) обезвреживанию отходов, а также иных объектов, на которых допускается применение мобильных установок по использованию и (или) обезвреживанию отходов, необходимо обеспечивать устройство площадок (складов) для хранения отходов и продукции, инженерных и транспортных коммуникаций и иных сооружений, направленных на предотвращение загрязнения окружающей среды и соблюдение нормативов допустимого воздействия на окружающую среду в соответствии с законодательством об охране окружающей среды.

П.16. При планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с эксплуатацией объектов захоронения отходов, обеспечивается:

- проведение мероприятий и инженерных решений, исключающих загрязнение окружающей среды отходами, в том числе с использованием защитных инженерных сооружений и устройств для сбора, транспортировки и очистки фильтрата, системы перекачки фильтрата для естественного испарения, ограждений, препятствующих загрязнению отходами прилегающих территорий, наблюдательных скважин

для контроля за состоянием подземных вод, систем сбора с территории полигонов поверхностных сточных вод в отдельные резервуары (пруды) с последующей их очисткой;

- организация дренажной системой для сбора, транспортировки, и обработки фильтрата (при планировании такой хозяйственной деятельности), включая:

устройство локальных сооружений очистки сточных вод, позволяющих использовать такие воды после очистки и обеззараживания в технических целях, в том числе для обеспечения пожарной безопасности на полигонах, за исключением случая, указанного в пункте 2 статьи 49 Водного кодекса Республики Беларусь;

устройство закрытых коллекторов и насосных канализационных станций, предназначенных для транспортирования фильтрата на ближайшие сооружения искусственной биологической очистки сточных вод (при технической и технологической возможности таких сооружений);

сбор фильтрата в гидроизолированные емкости для временного хранения с последующей его транспортировкой на ближайшие очистные сооружения искусственной биологической очистки сточных вод;

- устройство на существующих полигонах твердых коммунальных отходов (при планировании работ по их реконструкции, модернизации):

дренажных систем, заградительных дамб и конструкций для сбора фильтрата, сорбирующих экранов - в случае, если полигоны твердых коммунальных отходов не оборудованы дренажной системой для сбора, транспортировки и обработки фильтрата;

принудительной откачки фильтрата через сеть пробуренных скважин - в случае, если полигоны твердых коммунальных отходов не оборудованы противофильтрационным экраном или оборудованных экранами, не обеспечивающими защиту грунтовых вод;

- расположение объектов захоронения отходов с подветренной стороны (для ветров преобладающего направления) по отношению к населенным пунктам и зонам отдыха;

- расположение дна карт захоронения отходов по отношению к максимальному уровню залегания грунтовых вод, в зависимости от гидрогеологических условий на земельных участках со слабофильтрующими грунтами (глиной, суглинками, сланцами), с залеганием грунтовых вод, с учетом их подъема при эксплуатации:

- для объектов захоронения твердых коммунальных отходов - не ниже 1 м;

- для объектов захоронения отходов производства - не ниже 2 м.

Глава 8. Требования при обращении с отходами производства.

П.99. Перевозка отходов производства, в том числе их погрузка и разгрузка, осуществляется с использованием транспортных средств, предотвращающих попадание таких отходов в окружающую среду, или с применением мер, исключающих (предотвращающих) выпадение твердых и пролив жидких отходов из транспортного средства (применение средств пылеподавления (тентов и другое) для пылящих отходов и другое).

П.100. Хранение отходов производства осуществляется в помещениях в условиях, исключающих переход вредных химических компонентов отходов, веществ в них содержащихся, в компоненты природной среды, а также на площадках,

имеющих твердое покрытие, выполненное из различных видов уплотненных минеральных смесей или каменных материалов (щебень, гравий, шлак, асфальт, бетон и другое) (далее - твердое покрытие).

П.101. Хранение пылящих отходов производства в открытом виде, на открытых площадках, осуществляется с применением средств пылеподавления.

П.102. Для хранения отходов производства используется тара, полностью предотвращающая их утечку, испарение и (или) просыпание. Хранение отходов производства первого и второго классов опасности осуществляется в герметичной закрытой таре, специальных сооружениях (шламоотвалах) и (или) закрытых помещениях, исключающих свободный доступ посторонних лиц.

П.103. При хранении отходов производства обеспечивается их пространственная изоляция (перегородки, отдельные емкости для хранения и другое) во избежание их смешивания и образования опасных продуктов их взаимодействия.

П.104. Хранение жидких отходов осуществляется в контейнерах, бочках, цистернах, баках, баллонах, шламоотвалах и других емкостях, специальных сооружениях, исключающих их пролив (разлив), утечку.

П.105. При хранении жидких опасных отходов в емкостях, данные емкости должны быть герметичны и устанавливаться на поддонах с водонепроницаемой поверхностью (металлических, полимерных и других), имеющих борты для сбора жидкости в случае разлива.

П.106. Захоронение отходов должно осуществляться на объектах захоронения отходов (полигонах твердых коммунальных отходов), за исключением:

- трупов (тел, останков, частей тел) людей, животных и продуктов животного происхождения;

- биологически опасных отходов;

- необезвреженных (необеззараженных) медицинских отходов;

- отходов, загрязненных радиоактивными веществами;

- отходов, содержащих взрывоопасные компоненты;

- отходов производства, содержащих тяжелые металлы (сурьма, мышьяк, свинец, ртуть, хром, кобальт, медь, марганец, никель, ванадий, кадмий) в концентрациях, превышающих пороговые значения содержания таких химических веществ (металлов), установленных для земель (включая почвы) согласно экологическим нормам и правилам ЭкоНиП 17.03.01-001-2021 "Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению", утвержденным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 25 ноября 2021 г. N 13-Т;

- жидких отходов;

- вторичных материальных ресурсов;

- отходов первого и второго классов опасности.

Постановление министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь N 53 «Об утверждении правил по охране труда», 1 июля 2021 г.

Глава 3. Требования к территории организации.

П.37. Проходы, проезды не должны загромождаться или использоваться для хранения готовой продукции, отходов производства, строительных материалов.

П.39. Сбор и временное хранение крупногабаритных отходов лома и отходов черных и цветных металлов (металлолома), тары, стройматериалов, твердых коммунальных отходов на территории организации должны осуществляться на обозначенных площадках, имеющих ограждение и твердое покрытие, или других специально оборудованных конструкциях.

Сбор и временное хранение ртутьсодержащих отходов на территории производственного объекта должны осуществляться в контейнерах, расположенных в изолированных помещениях.

Глава 4. Требования к зданиям, сооружениям и помещениям

П.60. Проезды, лестничные площадки, проходы, оконные проемы, отопительные приборы и рабочие места не загромождаются. Сырье, полуфабрикаты, тара, готовые изделия в производственных помещениях складываются в установленных местах.

Временная установка в проходах и проездах оборудования, транспортных средств, складирование сырья, материалов, изделий, деталей, отходов производства не допускается.

П.62. В производственных помещениях устанавливаются металлические ящики (контейнеры) с плотно закрывающимися крышками для сбора металлической стружки, обтирочных материалов, опилок и иных производственных отходов.

Санитарные нормы и правила "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда работающих, содержанию и эксплуатации производственных объектов" (утверждены Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №114 от 19.07.2023).

Глава 2. Общие требования к условиям труда работающих, содержанию и эксплуатации производственных объектов

П.16. Проезды, проходы, рабочие места производственного объекта не должны загромождаться строительными материалами, тарой, сырьем, готовой продукцией и отходами производства.

П.18. У входов в производственные и административные здания должны быть установлены урны для мусора, приспособления для очистки обуви, которые должны своевременно очищаться.

П.19. Сбор и хранение отходов производства должны быть организованы в соответствии с требованиями законодательства об обращении с отходами.

П.20. Сбор и кратковременное хранение ртутьсодержащих приборов, люминесцентных ламп на территории производственного объекта должны осуществляться в контейнерах, расположенных в изолированных помещениях.

Санитарные нормы и правила "Требования к обращению с отходами производства и потребления" (утверждены Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №143, 30.12.2016).

Глава 2. Требования к условиям сбора и удаления коммунальных отходов.

П.7. Сбор и удаление коммунальных отходов должны соответствовать требованиям настоящих Санитарных норм и правил, а также санитарным нормам и правилам, устанавливающим требования к содержанию территорий населенных

пунктов и организаций, организации и проведению работ по сбору, временному хранению, перевозке и первичной обработке вторичных материальных ресурсов.

П.8. Перевозка коммунальных отходов производится с использованием транспортных средств, обеспечивающих предотвращение вредного воздействия перевозимых отходов на окружающую среду, здоровье граждан и имущество (далее - транспортное средство). Во время перевозки и выполнения погрузочно-разгрузочных работ пребывание посторонних лиц на транспортном средстве не допускается.

П.9. Мероприятия по дезинфекции, дезинсекции и дератизации транспортного средства должны соответствовать санитарным нормам и правилам, устанавливающим требования к порядку проведения дезинфекционных, дезинсекционных и дератизационных мероприятий.

П.10. Транспортное средство для перевозки коммунальных отходов должно подвергаться чистке в конце каждой смены. Мойка и плановая дезинфекция этого транспортного средства проводятся по мере необходимости, но не реже двух раз в месяц в период с апреля по октябрь и одного раза в месяц в период с ноября по март. При проведении дезинфекции транспортного средства обрабатывают колеса, днище, кузов, сборник отходов и кабину водителя.

П.11. При использовании отходов в качестве вторичных материальных ресурсов их сбор, сортировка и первичная обработка должны соответствовать санитарным нормам и правилам, устанавливающим требования к организации и проведению работ по сбору, хранению, перевозке и первичной обработке вторичных материальных ресурсов.

С 26 февраля 2018 года субъекты хозяйствования при осуществлении транспортной деятельности осуществляют перевозку отходов производства (при наличии товарно-транспортной накладной) без оформления сопроводительного паспорта перевозки отходов производства (абзац третий подпункта 4.5 пункта 4 Декрета Президента Республики Беларусь от 23.11.2017 N 7).

Глава 3. Требования к условиям хранения и перевозки отходов производства.

П.12. Объекты хранения отходов размещаются за пределами жилой зоны и на обособленных территориях с обеспечением нормативных размеров санитарно-защитной зоны в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

П.13. Не допускается размещение объектов хранения отходов:

- на территории зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения;
- во всех зонах рекреации поверхностных водных объектов;
- в местах выхода на поверхность трещиноватых пород;
- в местах выклинивания водоносных горизонтов;
- на участках с выходом подземных вод на земную поверхность;
- в местах массового отдыха населения;
- на болотистых участках глубиной более 1 м;
- на территориях, подверженных паводкам.

П.14. Выбор условий хранения отходов производства осуществляется в зависимости от степени и класса опасности, агрегатного состояния и физико-

химических свойств отходов. Отходы производства различных наименований хранятся отдельно, если иное не предусмотрено технологическим процессом.

П.15. Степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства по опасному свойству токсичность определяются в соответствии с критериями и методами, утвержденными в установленном порядке.

П.16. Юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели, в деятельности которых образуются отходы производства 1, 2, 3-го классов опасности, должны обеспечить их хранение в условиях, исключающих фильтрацию и переход вредных химических компонентов отходов в сопредельные среды (подземные и поверхностные воды, почву, воздух атмосферы и рабочей зоны).

П.17. Тара для хранения отходов производства 1, 2, 3-го классов опасности должна полностью предотвращать их утечку, испарение и (или) просыпание.

П.18. Для хранения отходов производства 1-го и 2-го классов опасности должны быть предусмотрены закрытые помещения, в которые исключается доступ посторонних лиц. Помещения должны быть оснащены системами вентиляции, обеспечивающими соблюдение гигиенических нормативов содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. При хранении отходов производства 1-го и 2-го классов опасности различных наименований должна обеспечиваться их пространственная изоляция.

П.19. Жидкие отходы производства 1-го и 2-го классов опасности хранятся в герметичных контейнерах, бочках, цистернах, баках, баллонах и других емкостях. Емкости должны устанавливаться на поддонах с водонепроницаемой поверхностью, высота бортов которых будет обеспечивать сбор всего объема жидкости в случае разлива.

П.20. Твердые отходы производства 1-го и 2-го классов опасности хранятся в герметично закрытой таре.

П.21. Не допускается:

- хранение в открытом виде отходов производства, содержащих вредные летучие органические соединения;

- хранение пылящих отходов производства в открытом виде, на открытых площадках, без эффективного покрытия или применения средств пылеподавления.

П.22. Хранение отходов производства 3-го класса опасности разрешается в закрытых и открытых контейнерах, бочках, цистернах, баках, полиэтиленовых мешках, пластиковых, текстильных и бумажных пакетах, ящиках и другой таре или в открытом виде.

П.23. При хранении отходов производства 3-го класса опасности на открытых площадках навалом, насыпью или в открытой таре должны соблюдаться следующие требования:

- места хранения отходов производства должны располагаться с подветренной стороны по отношению к жилым и общественным зданиям;

- поверхность хранящихся насыпью пылящих отходов производства или открытых приемников-накопителей должна быть защищена от воздействия атмосферных осадков и ветров;

- поверхность площадки должна иметь искусственное водонепроницаемое покрытие;

- открытые площадки и приемники-накопители оборудуются инженерно-строительными сооружениями, предотвращающими попадание (включая смыв) вредных химических компонентов отходов производства на прилегающие территории и в открытые водоемы.

П.24. Юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели, имеющие приемники-накопители, битумохранилища для хранения отходов производства 3-го класса опасности, должны обеспечить условия, предотвращающие фильтрацию отходов и их вредных компонентов в почву и подземные воды. Дно и стенки приемников-накопителей должны быть выполнены из влагостойких, коррозионностойких материалов.

П.25. Хранение отходов производства 4-го класса опасности и неопасных отходов разрешается в закрытой и открытой таре или навалом, насыпью, в виде гряд, отвалов, в кипах, рулонах, тюках, на поддонах, подставках.

П.26. Перевозка пылящих отходов производства по территории и за пределами организации осуществляется с применением транспортных средств, не допускающих высыпание и (или) выпыливание отходов производства.

П.27. Конструкция и условия эксплуатации транспортных средств для перевозки отходов производства должны исключать возможность загрязнения прилегающей территории во время перевозки и при перевалке отходов с одного вида транспортного средства на другой.

П.28. При эксплуатации объектов хранения отходов производства должен осуществляться производственный контроль в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Глава 4. Требования к условиям использования отходов.

П.29. Для рекультивации земель, не предназначенных в дальнейшем для выращивания сельскохозяйственных культур, используются твердые отходы 3-го и 4-го классов опасности, твердые неопасные отходы, при этом общее количество отходов растительного и животного происхождения не должно превышать пятнадцати процентов от общей массы используемых отходов.

П.30. Для рекультивации земель, предназначенных в дальнейшем для выращивания сельскохозяйственных культур, используются твердые неопасные отходы, при этом общее количество отходов растительного и животного происхождения не должно превышать пятнадцати процентов от общей массы используемых отходов.

П.31. Для устройства дорог используются твердые отходы 3-го и 4-го классов опасности, твердые неопасные отходы.

П.32. Не допускается использование отходов 1-го и 2-го классов опасности в качестве удобрения или средства мелиорации, в качестве топлива для отопления жилых и общественных зданий.

Глава 5. Требования к условиям захоронения отходов.

П.33. Отходы производства подлежат захоронению только в санкционированных местах захоронения отходов, если иное не установлено пунктом.

Допускается захоронение отходов производства на объектах захоронения твердых коммунальных отходов, если иное не установлено пунктом 34:

- 4-го класса опасности и неопасных с влажностью не более восьмидесяти процентов;

- 3-го класса опасности с влажностью не более восьмидесяти процентов и в количестве не более тридцати процентов от массы твердых коммунальных отходов.

34. Не допускается захоронение на объектах захоронения твердых коммунальных отходов:

- трупов и фрагментов тел и тканей животных;
- отходов, загрязненных радиоактивными веществами;
- необезвреженных (необеззараженных) медицинских отходов.

35. Отходы 1-го и 2-го классов опасности захоронению не подлежат.

Глава 6. Требования к объектам захоронения отходов.

П.36. Объекты захоронения отходов размещаются за пределами жилой зоны и на обособленных территориях с обеспечением нормативных размеров санитарно-защитной зоны в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

П.37. Не допускается размещение объектов захоронения отходов:

- на территории зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения;

- во всех зонах рекреации поверхностных водных объектов;
- в местах выхода на поверхность трещиноватых пород;
- в местах выклинивания водоносных горизонтов;
- на участках с выходом подземных вод на земную поверхность;
- в местах массового отдыха населения;
- на болотистых участках глубиной более 1 м;
- на территориях, подверженных паводкам;
- без проведения инженерных изысканий, включающих гидрологическую характеристику и гидрогеологическую характеристику грунтов;
- без гидроизоляции дна и стенок ложа отходов.

П.38. Объекты захоронения отходов размещаются на земельном участке с преимущественно глиняной или суглинистой почвой, ниже потока грунтовых вод относительно ближайших населенных пунктов.

П.39. Условия размещения и эксплуатации объектов захоронения отходов должны исключать возможность загрязнения и засорения нецентрализованных систем питьевого водоснабжения.

П.40. Проектные, организационные, технические и инженерно-строительные решения при проектировании объекта захоронения отходов, условия его эксплуатации должны обеспечивать соблюдение гигиенических нормативов для атмосферного воздуха и почвы на границе санитарно-защитной зоны, воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования в пунктах водопользования на протяжении всего периода его эксплуатации.

П.41. При эксплуатации объектов захоронения отходов должен осуществляться производственный контроль в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

П.42. На территории объектов захоронения отходов должна быть хозяйственно-складская зона для размещения вспомогательных, бытовых зданий и сооружений.

Территория хозяйственно-складской зоны должна иметь ограждение, твердое покрытие, освещение в темное время суток.

П.43. На территории объектов захоронения отходов допускается размещать специальные установки для сжигания отходов, сооружения мойки, дезинфекции транспортных средств и машинных механизмов, а также пункты сортировки и сбора вторичных материальных ресурсов.

П.44. На выезде из объектов захоронения отходов должна быть оборудована контрольно-дезинфицирующая установка с устройством бетонной ванны, обеспечивающей возможность дезинфекции колес транспортных средств.

П.45. В случае загрязнения отходами прилегающих к рабочим картам территорий объекта захоронения твердых коммунальных отходов, включая подъездные дороги, хозяйственно-складскую зону, юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями, эксплуатирующими объект захоронения отходов, обеспечивается уборка и доставка отходов на рабочие карты. На объектах захоронения твердых коммунальных отходов, у мест разгрузки и складирования отходов, перпендикулярно направлению господствующих ветров должны устанавливаться сетчатые ограждения для задержки легких фракций отходов. Не допускается попадание легких фракций отходов, смыв атмосферными осадками части отходов за пределы территории объекта захоронения твердых коммунальных отходов.

П.46. На объектах захоронения твердых коммунальных отходов, по периметру зоны захоронения, обустроивается кольцевой канал глубиной не менее 2 метров и кольцевой вал высотой не менее 2 метров.

П.47. Допускается использование территории выведенного из эксплуатации объекта захоронения отходов:

- под лесопосадки - при обеспечении толщины верхнего изолирующего слоя не менее 0,25 м;

- в качестве горок для лыжного спорта - при обеспечении толщины верхнего изолирующего слоя не менее 0,6 м;

- в качестве территории для складов непищевого назначения - при обеспечении толщины верхнего изолирующего слоя не менее 1,5 м.

П.48. Не допускается использование территории выведенного из эксплуатации объекта захоронения отходов для выращивания сельскохозяйственных культур и под капитальное строительство зданий, если иное не предусмотрено законодательными актами Республики Беларусь. Не допускается использование свалочного грунта в процессе строительства.

Тема 5. Документация по обращению с отходами на предприятии: порядок разработки и ведения.

Учет отходов.

Учет отходов - система непрерывного документального отражения информации о количественных и качественных показателях отходов, а также об обращении с ними.

По общему правилу организации, осуществляющие обращение с отходами, должны вести их учет в установленном Минприроды порядке (п. 1 ст. 35 Закона об отходах).

ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 (п. 1, 2 постановления N 23-Т) устанавливает требования к ведению учета отходов (глава 9 ЭкоНиП 17.01.06-001-2017), а также утверждает формы ПОД-9 и ПОД-10.

Кроме того, порядок учета образующихся отходов производства устанавливается в инструкции по обращению с отходами.

Для ведения учета отходов применяются:

- форма ПОД-9 "Книга учета отходов" - для ведения учета отходов в местах их образования (поступления);

- форма ПОД-10 "Книга общего учета отходов" - для ведения учета образования отходов у субъектов хозяйствования, поступления отходов от других субъектов хозяйствования, физических лиц и (или) передачи отходов другим субъектам хозяйствования.

Форма ПОД-9 не ведется:

- юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими деятельность по заготовке (закупке) лома и отходов черных и цветных металлов, учет которых предусмотрен законодательными актами;

- юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, которые эксплуатируют объекты захоронения отходов, - для отражения информации о поступающих на эти объекты отходах в случае, если ведение учета отходов предусмотрено законодательными актами;

- юридическими лицами в структуру которых входит только одно производственное (структурное) подразделение, для учета отходов которых ведется форма ПОД-10.

Ведение форм ПОД-9 и ПОД-10 осуществляется на бумажном носителе или в электронном виде. Хранение форм осуществляется в течение 5 лет после внесения последней записи.

Учет отходов осуществляется исходя из фактического объема отходов, определяемого путем взвешивания, замера, расчетными методами по мере заполнения тары для сбора отходов производства либо иными определенными субъектам хозяйствования способами.

При заполнении формы ПОД-9 для каждого наименования отхода отводится отдельный лист или отдельная форма ПОД-9.

Наименование, код, степень опасности или класс опасности опасных отходов указывается в соответствии с общегосударственным классификатором Республики

Беларусь ОКРБ 021-2019 "Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь", утвержденном постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9 сентября 2019 г. №3-Т (ОКРБ 021-2019), а в случае отсутствия сведений о степени и классе опасности отходов - в соответствии с заключением о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства.

В графе 1 формы ПОД-9 указывается дата внесения учетной записи в форму.

В графе 2 формы ПОД-9 указывается фактическое количество образовавшихся отходов.

В графах 3 и 4 формы ПОД-9 указывается соответственно количество поступивших отходов от других субъектов хозяйствования или структурных подразделений и их наименования.

В графе 5 формы ПОД-9 указывается количество поступивших отходов от физических лиц. Для субъектов хозяйствования, не осуществляющих прием отходов от физических лиц, данная графа в форму ПОД-9 не включается.

В графах 6 и 7 формы ПОД-9 соответственно указывается количество отходов, использованных, обезвреженных в структурном подразделении субъекта хозяйствования.

В графе 8 формы ПОД-9 указывается количество отходов, переданное на использование, обезвреживание, хранение, захоронение.

В графе 9 формы ПОД-9 указывается наименование субъекта хозяйствования или структурного подразделения субъекта хозяйствования, которым передаются отходы.

В графе 10 формы ПОД-9 указывается цель передачи отходов в соответствии с условными обозначениями: на использование - И, хранение - Х, обезвреживание - О, захоронение - З, прочее - П. Под "прочее" понимаются иные операции, совершаемые с отходами, не связанные с их хранением, захоронением, обезвреживанием и (или) использованием.

В графе 11 формы ПОД-9 указывается фактическое количество отходов, находящихся на хранении в структурном подразделении субъекта хозяйствования, с учетом накопленных ранее отходов, вновь образовавшихся и поступивших отходов за вычетом переданных на использование, обезвреживание, хранение, захоронение, использованных, обезвреженных в структурном подразделении субъекта хозяйствования отходов на момент внесения записи.

Строка "ИТОГО за месяц" не заполняется, если отходы за месяц не образовались.

При заполнении формы ПОД-10 сведения в нее вносятся не реже 1 раза в месяц на основании формы ПОД-9, а при ее отсутствии - на основании данных бухгалтерского учета, договоров на передачу отходов сторонним субъектам хозяйствования, актов выполненных работ, сопроводительных паспортов перевозки отходов производства и иных документов, свидетельствующих об образовании, использовании, обезвреживании, хранении, захоронении отходов.

Заполнение формы ПОД-10 производится в каждом календарном месяце с нового листа, при этом, при необходимости, для каждого наименования отходов может отводиться отдельный лист (листы).

В графе 1 формы ПОД-10 указывается дата внесения учетной записи в форму.

В графах 2-4 формы ПОД-10 указываются соответственно наименование, код, степень опасности или класс опасности опасных отходов в соответствии с ОКРБ 021-2019, а в случае отсутствия сведений о степени и классе опасности отходов - в соответствии с заключением о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства.

В графе 5 формы ПОД-10 указывается норматив образования отходов.

В графе 6 формы ПОД-10 указываются (сокращенно либо условными обозначениями) наименования структурных подразделений субъекта хозяйствования, в которых образовались отходы.

В графе 7 формы ПОД-10 указывается фактическое количество отходов, образовавшихся за месяц во всех структурных подразделениях субъекта хозяйствования.

В графе 8 формы ПОД-10 указывается количество отходов, поступивших от других субъектов хозяйствования.

В графе 9 формы ПОД-10 указывается количество отходов, поступивших от физических лиц. Для субъектов хозяйствования, не осуществляющих прием отходов от физических лиц, данная графа в форму ПОД-10 не включается.

В графах 10 и 11 формы ПОД-10 указываются соответственно количество отходов, использованных, обезвреженных субъектом хозяйствования.

В графах 12 и 13 формы ПОД-10 указываются соответственно количество отходов, направленных на хранение, захоронение.

В графах 14-18 формы ПОД-10 указываются соответственно количество отходов субъектов хозяйствования, переданных иным субъектам хозяйствования на использование, обезвреживание, хранение, захоронение, прочее на 1-е число месяца, следующего за отчетным. Под "прочее" понимаются иные операции, совершаемые с отходами, не связанные с их хранением, захоронением, обезвреживанием и (или) использованием.

В графе 19 формы ПОД-10 указывается фактическое количество отходов, находящихся на хранении у субъекта хозяйствования.

В случае, если обращение с отходом одного наименования и вида осуществляется различными способами, то это отражается в отдельных строках соответствующих граф форм ПОД-9 и ПОД-10.

Учет отходов ведется исходя из их массы (в кг или т), а термометров ртутных использованных или испорченных, люминесцентных трубок отработанных и ртутных ламп отработанных, компактных люминесцентных ламп (энергосберегающих) отработанных, дифманометров, содержащих ртуть, игнитронов - в штуках (далее - шт.).

Инвентаризация отходов.

Порядок инвентаризации отходов производства регламентирован Постановлением министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №17 «Об утверждении инструкции о порядке инвентаризации отходов»

производства» от 29 февраля 2008 г. (в ред. постановлений Минприроды от 28.02.2018 N 3, от 20.11.2019 N 39).

Для определения источников образования отходов производства (мест образования отходов производства), к которым относится технологическое оборудование, структурное подразделение (участок, цех) и иной объект, в котором происходит образование отходов производства, рассматриваются все виды деятельности, как основные, так и вспомогательные, осуществляемые организацией, в том числе:

- прием, хранение, затаривание (растаривание), упаковка (распаковка), транспортировка в пределах производственной площадки сырья, материалов и продукции, при которых образуются утратившие потребительские свойства сырье, материалы, препараты, готовая продукция, остатки из вагонов, контейнеров, поддонов, тара и упаковка, грунт, загрязненный при россыпях, разливах, переливах и другие виды отходов;

- переработка сырья и материалов, в процессе которой образуются отходы, а также брак, некондиционная продукция, остатки механической, термической, электрохимической обработки материалов и другие виды отходов;

- эксплуатация, обслуживание и ремонт технологического оборудования и транспортных средств, в результате чего образуются вышедшие из употребления корпуса, детали технологического оборудования и транспортных средств, изоляционные материалы, растворители и их смеси, отработанные свинцовые аккумуляторы, отработанные электролиты, изношенные шины и другие резинотехнические изделия, отработанные горюче-смазочные материалы, шламы от мойки транспортных средств и другие виды отходов;

- строительные и (или) ремонтные работы, работы по реконструкции, сносу зданий и сооружений, при проведении которых образуются различные виды строительных отходов (отходы теплоизоляционных материалов, бетона, железобетона, цемента, кирпича и другие виды отходов);

- содержание зданий и сооружений, благоустройство территорий, в результате чего образуются смет с производственных территорий, списанная мебель, изношенная спецодежда и другие виды отходов.

Инвентаризация проводится не реже одного раза в пять лет в сроки, определяемые организацией.

Досрочная инвентаризация проводится в случаях:

- выявления новых видов отходов производства;
- изменения технологических процессов получения продукции;
- изменения перечня выпускаемой продукции;
- изменения сырья и материалов, применяемых для получения продукции;
- реконструкции, модернизации, перепрофилирования производства;
- вынесения Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и (или) его территориальными органами требований (предписаний), направления рекомендаций при осуществлении контрольной (надзорной) деятельности;
- иных по решению организации, осуществляющей обращение с отходами производства.

Для проведения инвентаризации руководителем организации издается приказ, в котором:

- устанавливаются сроки проведения инвентаризации и подготовки сведений для проведения инвентаризации;
- назначается комиссия по проведению инвентаризации;
- определяется перечень структурных подразделений, в которых проводится инвентаризация, и ответственные должностные лица, участвующие в проведении инвентаризации в данных структурных подразделениях;
- определяется перечень лиц, допускаемых к проведению инвентаризации в организации в случае проведения инвентаризации юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, уполномоченными организацией на проведение инвентаризации.

Для целей инвентаризации используются следующие сведения:

- информация о видах деятельности организации;
- учетная документация и первичные статистические данные в области обращения с отходами, данные бухгалтерского учета о поступлении отходов от сторонних организаций, договоры на передачу отходов производства сторонним организациям, акты выполненных работ, сопроводительные паспорта перевозки отходов производства и иные документы, свидетельствующие об образовании, использовании, обезвреживании, хранении, захоронении отходов производства;
- план-схема расположения зданий и сооружений организации;
- технологические карты производственных процессов;
- сведения о потреблении и свойствах всех видов сырья, вспомогательных материалов, веществ и препаратов, которые используются (планируется использовать) в технологических процессах;
- сведения о химических реакциях, происходящих в производственном процессе (при необходимости);
- порядок пуска и вывода из эксплуатации оборудования;
- иная информация, содержащая сведения о режимах работы оборудования, объемах и составе сырья и материалов, применяемых для получения продукции, объемах образования, использования, обезвреживания, хранения и захоронения отходов производства;
- материалы последней инвентаризации.

Работа по проведению инвентаризации включает следующие этапы:

- подготовительный;
- инвентаризационное обследование;
- обобщение сведений об инвентаризации.

На подготовительном этапе изучаются сведения, перечисленные как цели инвентаризации.

На этапе инвентаризационного обследования производится:

- обследование структурных подразделений организации в соответствии с планом-схемой расположения зданий и сооружений организации;
- обозначение источников образования отходов производства на плане-схеме расположения зданий и сооружений организации;
- определение наименований образующихся отходов производства и их кодов в соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 021-2019, по источникам их образования;

- проведение взвешиваний (замеров) количества отходов производства, образующихся от источников образования отходов производства, и определение нормативов их образования по результатам измерений;

- расчет годового количества образующихся отходов производства и нормативов их образования с учетом максимальной загрузки оборудования, технологического процесса исходя из результатов, полученных при проведении инвентаризационного обследования;

- определение физико-химических характеристик отходов, компонентного состава отходов исходя из качества и свойств применяемого сырья, материалов и химических реакций, происходящих в производственных процессах, определение перечня опасных свойств отходов в соответствии с требованиями законодательства об обращении с отходами;

- оформление полученных сведений по установленным формам.

На этапе обобщения сведений об инвентаризации производится систематизация данных, полученных при проведении инвентаризационного обследования, оформление акта инвентаризации отходов производства.

Акт инвентаризации отходов производства включает:

- титульный лист, оформленный по установленной форме;

- сведения по результатам инвентаризации, оформленные по форме согласно приложению к акту инвентаризации отходов производства;

- перечень мероприятий по учету отходов, определению их качественных и количественных показателей, разработки нормативов образования отходов производства.

Акт инвентаризации отходов производства подписывается председателем и членами комиссии по проведению инвентаризации, утверждается руководителем организации.

Организации, осуществляющие обращение только с коммунальными отходами производства и у которых отходы первого класса опасности представлены только ртутными и люминесцентными отработанными лампами, проводят инвентаризацию в течение 30 календарных дней.

Акт инвентаризации коммунальных отходов производства оформляется по установленной форме, подписывается председателем и членами комиссии по проведению инвентаризации и утверждается руководителем организации.

Результаты инвентаризации применяются при:

- разработке инструкции по обращению с отходами производства и организации учета отходов;

- подготовке документов для получения разрешения на хранение и захоронение отходов производства или комплексного природоохранного разрешения;

- установлении лимитов хранения и лимитов захоронения отходов производства;

- утверждении нормативов образования отходов производства;

- ведении государственной статистической отчетности об обращении с отходами производства.

Инструкция по обращению с отходами.

Порядок разработки инструкций по обращению с отходами приведен в Постановлении министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 45 «Об утверждении инструкции о порядке разработки и утверждения инструкции по обращению с отходами производства» от 22 октября 2010 г.

Инструкция по обращению с отходами разрабатывается и утверждается субъектами хозяйствования, определенными законодательными актами и осуществляющими обращение с отходами производства, для них в целом и (или) для каждого их обособленного подразделения (далее - субъекты хозяйствования).

Субъекты хозяйствования, в структуру которых входят подразделения, не являющиеся обособленными и расположенные на территории разных областей, г. Минска, вправе разработать отдельные инструкции по обращению с отходами для всех таких подразделений в целом, находящихся в пределах одной области, г. Минска.

При аренде зданий, сооружений и иных объектов собственники передаваемых в пользование зданий, сооружений и иных объектов либо уполномоченные ими лица вправе разработать инструкцию по обращению с отходами, которая включает порядок обращения с отходами производства, образующимися у арендатора.

Разработанная инструкция по обращению с отходами утверждается руководителем субъекта хозяйствования, который обеспечивает достоверность сведений, указанных в ней, и их соответствие законодательству.

Инструкция по обращению с отходами должна быть пронумерована.

Утверждение инструкции по обращению с отходами осуществляется до ее представления на согласование территориальным органам Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (далее - территориальный орган Минприроды).

Инструкция по обращению с отходами включает в себя титульный лист, следующие обязательные разделы: "Общие сведения", "Ответственные за организацию обращения с отходами производства", "Образование отходов производства", "Учет отходов производства", "Сбор и хранение отходов производства", "Использование и обезвреживание отходов производства", "Захоронение отходов производства", "Перевозка отходов производства", а также приложения: "Образующиеся отходы производства", "Расчет-обоснование количества отходов производства для временного хранения", "Карта-схема источников образования отходов производства", "Карта-схема хранения отходов производства", если иное не установлено ТНПА.

В разделе "Общие сведения" инструкции по обращению с отходами указываются:

- основные сведения о субъекте хозяйствования (наименование, место нахождения, учетный номер плательщика, виды экономической деятельности, связанные с обращением с отходами производства, и т.п.);
- место осуществления субъектом хозяйствования деятельности, связанной с обращением с отходами производства (указывается адрес);
- дата государственной регистрации субъекта хозяйствования;

- сведения о вводе в эксплуатацию зданий, сооружений и иных объектов, принадлежащих и (или) эксплуатируемых субъектом хозяйствования, - для объектов хранения, захоронения, обезвреживания отходов, объектов по использованию отходов и объектов, на которых осуществляется подготовка отходов;

- сведения о наличии положительных заключений государственной экологической экспертизы (в случаях, предусмотренных законодательством в области государственной экологической экспертизы, стратегической экологической оценки и оценки воздействия на окружающую среду) по документации (если разработка таковой требуется в соответствии с законодательством).

Раздел "Ответственные за организацию обращения с отходами производства" инструкции по обращению с отходами должен содержать:

- перечень должностных (уполномоченных) лиц, ответственных за организацию обращения с отходами производства, а также учета таких отходов;

- обязанности должностных (уполномоченных) лиц, осуществляющих организацию обращения с отходами производства, а также учета таких отходов.

При наличии двух и более должностных (уполномоченных) лиц, ответственных за организацию обращения с отходами производства, назначается одно должностное лицо по координации обращения с отходами производства.

Раздел "Образование отходов производства" инструкции по обращению с отходами, если иное не установлено настоящей Инструкцией, должен содержать порядок разработки нормативов образования отходов производства.

Раздел "Учет отходов производства" инструкции по обращению с отходами должен содержать:

- порядок ведения учета отходов производства в местах образования (поступления) отходов производства, за исключением организаций, в структуру которых входит только одно производственное (структурное) подразделение, для учета отходов производства которых ведется книга общего учета отходов производства, а также количество, места ведения книг учета отходов производства, способы определения фактического объема отходов (взвешивание, замер, расчетный метод и иной способ);

- порядок ведения общего учета образования (поступления) отходов производства в целом от всех источников образования отходов производства у субъекта хозяйствования и поступления отходов производства от других субъектов хозяйствования, дату внесения сведений в книгу общего учета отходов производства;

- порядок сбора данных для представления государственной статистической отчетности в области обращения с отходами производства;

- порядок проведения инвентаризации отходов производства.

Раздел "Сбор и хранение отходов производства" инструкции по обращению с отходами должен содержать:

- описание системы сбора отходов производства, включая разделение отходов производства по видам, в том числе с учетом агрегатного состояния, степени опасности и класса опасности опасных отходов производства, возможности их использования;

- порядок хранения отходов с учетом требований законодательства, в том числе технических нормативных правовых актов (места временного хранения отходов, объекты хранения отходов, условия хранения отходов);

- перечень отходов производства, подлежащих хранению на объектах хранения отходов.

Сбор и разделение отходов производства по видам должны осуществляться с учетом требований законодательства об обращении с отходами, в том числе обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актов.

Хранение отходов (площадки и иные места, предназначенные для хранения отходов, мощности этих мест и т.п.) должно осуществляться с учетом проектных решений, предусмотренных в проектной документации (если разработка таковой требуется в соответствии с законодательством), прошедшей государственную экологическую экспертизу (в случаях, предусмотренных законодательством в области государственной экологической экспертизы, стратегической экологической оценки и оценки воздействия на окружающую среду).

Для субъектов хозяйствования, осуществляющих эксплуатацию объектов хранения отходов, дополнительно указывается:

- перечень отходов, поступающих от других субъектов хозяйствования для хранения;

- краткое описание объектов хранения отходов.

Раздел "Использование и обезвреживание отходов производства" инструкции по обращению с отходами должен содержать:

- перечень отходов производства, которые направляются на использование, и (или) перечень отходов производства, которые направляются на обезвреживание;

- порядок передачи отходов производства на использование и (или) обезвреживание;

- перечень технических нормативных правовых актов, в соответствии с которыми используются отходы производства.

Для субъектов хозяйствования, которые осуществляют эксплуатацию объектов по использованию отходов и (или) объектов обезвреживания отходов, дополнительно указывается:

- перечень объектов, на которых производится использование и (или) обезвреживание отходов;

- перечень отходов, поступающих от других субъектов хозяйствования для использования и (или) обезвреживания;

- порядок использования и (или) обезвреживания отходов на таких объектах в соответствии с утвержденным технологическим регламентом.

Раздел "Захоронение отходов производства" инструкции по обращению с отходами должен содержать перечень отходов производства, подлежащих захоронению.

Для субъектов хозяйствования, осуществляющих эксплуатацию объектов захоронения отходов, дополнительно указывается краткое описание объектов захоронения отходов.

Раздел "Перевозка отходов производства" инструкции по обращению с отходами должен содержать:

- порядок перевозки отходов, осуществляемой в соответствии с требованиями законодательства об обращении с отходами, гражданским законодательством, законодательством о транспорте, а для перевозки опасных отходов, классифицированных как опасные грузы, - порядок, осуществляемый в соответствии с законодательством в области перевозки опасных грузов;

- порядок учета сопроводительных паспортов перевозки отходов производства.

В приложении "Образующиеся отходы производства" к инструкции по обращению с отходами указываются:

- наименования и коды образующихся отходов производства в соответствии с ОКРБ 021-2019;

- степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства в соответствии с ОКРБ 021-2019, а в случае отсутствия в нем этих сведений - в соответствии с заключением о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства, получаемым в соответствии с Инструкцией о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 29 ноября 2019 г. N 41/108/65, с указанием даты и номера этого заключения и кем оно выдано;

- физическое состояние;

- источники образования отходов производства;

- сведения о необходимости регистрации сделок о передаче опасных отходов на определенный срок (кроме договора перевозки) и сделок об отчуждении опасных отходов другому субъекту хозяйствования в соответствии с Положением о порядке регистрации сделок о передаче опасных отходов на определенный срок (кроме договора перевозки), а также об отчуждении опасных отходов другому юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющим обращение с отходами, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 ноября 2019 г. N 818, а также цель такой передачи, отчуждения.

Для отходов производства, степень опасности и класс опасности которых не указаны в ОКРБ 021-2019 и для которых отсутствует заключение о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства, указываются опасные свойства отходов, необходимые для установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства в соответствии с Инструкцией о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства.

Источники образования отходов производства схематично указываются в приложении "Карта-схема источников образования отходов производства" к инструкции по обращению с отходами.

Места временного хранения отходов и объекты хранения отходов указываются в приложении "Карта-схема хранения отходов производства" к инструкции по обращению с отходами.

В приложении "Расчет-обоснование количества отходов производства для временного хранения" к инструкции по обращению с отходами указывается

допустимое количество накопления отходов производства, необходимое для перевозки (одна транспортная единица), и обоснование этого количества и (или) периодичность вывоза отходов производства и обоснование установления такой периодичности, которые устанавливаются с учетом грузоподъемности транспортного средства и количества отходов производства, которое может быть перевезено таким транспортным средством одним рейсом, но не более количества отходов производства, которое может быть размещено в местах временного хранения таких отходов с учетом их мощностей.

Для субъектов хозяйствования, у которых в соответствии с технологическим процессом ежедневное (разовое) образование отходов производства превышает одну транспортную единицу, устанавливаемую с учетом условий, указанных в части первой настоящего пункта, допускается установление одной транспортной единицы с учетом условий и мощности мест временного хранения таких отходов в соответствии с проектной документацией (если разработка таковой требуется в соответствии с законодательством), прошедшей государственную экологическую экспертизу (в случаях, предусмотренных законодательством в области государственной экологической экспертизы, стратегической экологической оценки и оценки воздействия на окружающую среду), и обоснование этого количества.

Для субъектов хозяйствования, которые осуществляют подготовку отходов производства, дополнительно указывается количество накопления отходов, предназначенных для подготовки, с учетом грузоподъемности транспортного средства и количества отходов производства, которое может быть перевезено таким транспортным средством одним рейсом, и обоснование этого количества.

Для субъектов хозяйствования, которые осуществляют эксплуатацию объектов по использованию отходов и (или) объектов обезвреживания отходов, дополнительно указывается количество накопления отходов, предназначенных для использования и (или) обезвреживания, составляющее не более одной четвертой годовой мощности таких объектов, и обоснование этого количества.

В случае, если субъектом хозяйствования осуществляется обращение только с коммунальными отходами производства, в инструкцию по обращению с отходами не включаются:

- разделы: "Образование отходов производства", "Использование и обезвреживание отходов производства", "Захоронение отходов производства", "Перевозка отходов производства";
- приложение "Карта-схема источников образования отходов производства";
- порядок сбора данных для представления государственной статистической отчетности в области обращения с отходами производства и порядок проведения инвентаризации отходов производства раздела "Учет отходов производства".

Новая инструкция по обращению с отходами разрабатывается в случаях:

- изменения основных сведений о субъекте хозяйствования, его реорганизации, изменения места осуществления деятельности, связанной с обращением с отходами производства;

- изменения требований законодательства, регулирующих порядок обращения с отходами;

- изменения допустимого количества накопления отходов производства, необходимого для перевозки, и (или) периодичности вывоза отходов производства;
- изменения условий и мест хранения отходов производства;
- строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения, модернизации, изменения профиля производства субъекта хозяйствования, повлекшего изменение перечня образующихся видов отходов производства и (или) изменение порядка обращения с ними;
- изменения перечня отходов производства, которые направляются на хранение, использование, обезвреживание и (или) захоронение;
- истечения срока действия согласования инструкции по обращению с отходами.

Разработка новой инструкции по обращению с отходами не требуется при изменении:

- степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, устанавливаемых их производителями (собственниками), если эти изменения не влекут изменение порядка обращения с такими отходами производства, который определен в инструкции по обращению с отходами;
- наименования отходов производства, если это изменение не влечет изменения их кода и порядка обращения с такими отходами производства, который определен в инструкции по обращению с отходами.

Новые сведения о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства, наименовании отходов производства учитываются при разработке новой инструкции по обращению с отходами.

Нормативы образования отходов производства.

Норматив образования отходов производства - предельно допустимое количество отходов, образуемое при переработке единицы сырья, производстве единицы продукции или энергии, а также при выполнении работы, оказании услуги.

В соответствии с требованиями Закона Республики Беларусь №271-З «Об обращении с отходами» (статья 33) нормативы образования отходов производства разрабатываются и утверждаются для отходов производства, подлежащих хранению на объектах хранения отходов или захоронению на объектах захоронения отходов, в целях определения количественных показателей образования отходов производства, лимитов хранения и лимитов захоронения отходов производства.

В соответствии с Положением «О порядке разработки и утверждения нормативов образования отходов производства», утвержденным Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №818 от 28.11.2019 нормативы разрабатываются и утверждаются производителем отходов производства, за исключением индивидуальных предпринимателей и микроорганизаций.

Нормативы образования отходов производства утверждаются на срок не более пяти лет по установленной форме.

Нормативы разрабатываются на основе сведений, полученных при инвентаризации отходов производства, технологических регламентов, удельных норм расходов сырья и материалов, материально-сырьевого баланса и иной нормативно-

технической и технологической документации, а также технических нормативных правовых актов, регламентирующих производство продукции, тепловой и (или) электрической энергии, выполнение работ или оказание услуг, и с учетом необходимости уменьшения объемов (предотвращения) образования отходов производства.

Нормативы не разрабатываются в случаях, если:

- отходами производства являются утратившие свои потребительские свойства бытовая техника, оргтехника, мебель;

- отходы производства образуются при уничтожении:

- товаров, помещенных под таможенную процедуру уничтожения;

- имущества, изъятого, арестованного или обращенного в доход государства;

- орудий рыболовства и продукции рыболовства в случаях, предусмотренных Правилами любительского рыболовства и Правилами ведения рыболовного хозяйства, утвержденными Указом Президента Республики Беларусь от 21 июля 2021 г. №284.

В случае изменения режимов работы технологического оборудования или изменения технологических процессов, связанных с образованием отходов производства, изменения качества и (или) вида применяемого сырья, топлива или материалов, повлекшего изменение наименований и (или) количества образования отходов производства, а также в случае изменения наименования юридического лица нормативы подлежат разработке и утверждению в установленном порядке.

При разработке нормативов рекомендуется руководствоваться также следующими нормативными документами:

- Показатели нормативов образования отходов производства некоторых технологических процессов, утвержденные приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.05.2011 № 200-ОД.

- Каталог нормативов образования отходов в Республике Беларусь, утвержденный приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 12.12.2019 № 300-ОД.

- КП 17.11-08-2020 (33040/33140) «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила обращения с коммунальными отходами», утвержденный и введенный в действие постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30.06.2020 № 18/4-Т.

При определении нормативов разработчики вправе руководствоваться также справочной и учебно-методической литературой, описывающей порядок и специфику осуществления технологических процессов, принцип работы оборудования и установок, являющихся источником образования отходов, а также справочной и иной документацией, устанавливающей нормативы образования отходов или удельные нормы расхода сырья.

Однако, следует учитывать то, что для каждого предприятия норматив образования одного и того же вида отходов может быть разным. В связи с этим норматив, приведенный в справочной литературе или нормативном документе, перед утверждением рекомендуется проверить на применимость к конкретному эксплуатируемому объекту.

Государственная статистическая отчетность.

В Постановлении Национального статистического комитета Республики Беларусь № 90 от 30 сентября 2022 г. «Об утверждении формы государственной статистической отчетности 1-отходы (минприроды) "отчет об обращении с отходами производства" и указаний по ее заполнению» приводятся требования по заполнению госстатотчетности по отходам и приводится форма отчетности.

Государственную статистическую отчетность по форме 1-отходы (Минприроды) "Отчет об обращении с отходами производства" (далее - отчет) представляют юридические лица, обособленные подразделения юридических лиц, осуществляющие деятельность, связанную с обращением с отходами производства (кроме юридических лиц, обособленных подразделений юридических лиц, у которых образуются только отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения, отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства, отходы упаковочных бумаги, картона, гофрокартона незагрязненные, люминесцентные трубки отработанные, компактные люминесцентные лампы (энергосберегающие) отработанные, ртутные лампы отработанные, при общем объеме таких отходов 50 и менее тонн в год).

Юридические лица, обособленные подразделения юридических лиц составляют отчет, включая данные по входящим в их структуру подразделениям, расположенным на одной с ними территории (район области, город областного подчинения, город Минск).

Юридические лица, обособленные подразделения юридических лиц, в структуре которых имеются подразделения, расположенные на другой территории (район области, город областного подчинения, город Минск), составляют отдельный отчет по всем структурным подразделениям, находящимся в пределах одной территории, при этом в графе 3 реквизита "Сведения о респонденте" указывается фактическое место нахождения данных подразделений (наименование района, города областного подчинения, город Минск).

В случае образования отходов производства (далее, если не определено иное, - отходы) при эксплуатации арендованных зданий, сооружений и других объектов отчет представляется:

- организацией, на которую договором возложена обязанность обеспечивать сбор, хранение, захоронение отходов;
- организацией, у которой образуются отходы, - в случае отсутствия договора, по которому обеспечивается сбор, хранение, захоронение отходов.

Представление отчета в виде электронного документа осуществляется с использованием специализированного программного обеспечения, которое размещается вместе с необходимыми инструктивными материалами по его развертыванию и использованию на официальном сайте Национального статистического комитета в глобальной компьютерной сети Интернет <http://www.belstat.gov.by>.

В отчете не отражаются данные об объемах:

- радиоактивных отходов;
- продуктов животного происхождения;

- лома и отходов черных металлов (кроме отходов, содержащих или загрязненных полихлорированными бифенилами (далее - ПХБ);
- лома и отходов цветных металлов (кроме отработанных свинцовых аккумуляторов, а также отходов, содержащих или загрязненных ПХБ);
- отходов потребления.

Отчет заполняется на основании данных следующих первичных учетных и иных документов:

- книги учета отходов (форма ПОД-9) и книги общего учета отходов (форма ПОД-10) согласно приложению 6 к экологическим нормам и правилам ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 "Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности", утвержденным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18 июля 2017 г. №5-Т (далее - ЭкоНиП);

- акта инвентаризации отходов производства по форме согласно приложению 3 к Инструкции о порядке инвентаризации отходов производства, утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 февраля 2008 г. №17;

- акта инвентаризации ПХБ по форме согласно приложению 19 к ЭкоНиП;
- товарно-транспортных накладных;
- актов выполненных работ по договорам на оказание услуг по обращению с отходами;

- других первичных учетных и иных документов.

В отчете отражаются объемы отходов, образующихся как в собственном производстве, так и отходов, полученных от других организаций и индивидуальных предпринимателей, в соответствии с ОКРБ 021-2019.

В разделе I данные отчета, характеризующие количество отходов, отражаются в тоннах с тремя знаками после запятой.

Данные о количестве термометров ртутных использованных или испорченных, ртутных термометров отработанных, люминесцентных трубок отработанных и ртутных ламп отработанных, компактных люминесцентных ламп (энергосберегающих) отработанных, дифманометров, содержащих ртуть, игнитронов и других ионных приборов, содержащих ртуть, отражаются в штуках.

Данные о силовых трансформаторах с охлаждающей жидкостью на основе ПХБ, силовых конденсаторах с диэлектриком, пропитанным жидкостью на основе ПХБ, малогабаритных конденсаторах с диэлектриком на основе ПХБ, прочем оборудовании, содержащем или загрязненным ПХБ, прочих отходах сложного комбинированного состава в виде изделий, оборудования и устройств, не вошедших в группу 4 раздела 5 блока 3 таблицы 2 ОКРБ 021-2019, отражаются в тоннах ПХБ-содержащих жидкостей.

В разделе II данные в рублях отражаются с одним знаком после запятой, в тоннах - с тремя знаками после запятой.

Разрешения на хранение и захоронение отходов.

Порядок получения, изменения и аннулирования разрешений на хранение и захоронение отходов производства приведен в Положении «Об основаниях, условиях, порядке выдачи и аннулирования разрешений на хранение и захоронение отходов производства», утвержденном Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №818 от 28.11.2019г.

Разрешения получают собственники отходов производства либо уполномоченные ими юридические лица или индивидуальные предприниматели, осуществляющие обращение с отходами (заявители).

При аренде (безвозмездном пользовании) зданий, сооружений и (или) иных объектов разрешение получает собственник передаваемого в аренду (безвозмездное пользование) здания, сооружения и (или) иного объекта, если иное не предусмотрено договором аренды (безвозмездного пользования).

Получение разрешения не требуется в случаях:

- захоронения образовавшихся в результате деятельности заявителя отходов производства, которые отнесены в соответствии с законодательством об обращении с отходами к коммунальным отходам и вывоз которых осуществляется юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, осуществляющими сбор и вывоз отходов производства, относящихся к коммунальным отходам;

- захоронения отходов производства, образующихся при уничтожении:

 - товаров, помещенных под таможенную процедуру уничтожения;

 - имущества, изъятого, арестованного или обращенного в доход государства;

 - орудий рыболовства и продукции рыболовства в случаях, предусмотренных Правилами любительского рыболовства и Правилами ведения рыболовного хозяйства, утвержденными Указом Президента Республики Беларусь от 21 июля 2021 г. №284;

- захоронения отходов производства при ликвидации места их несанкционированного размещения при установлении факта причинения вреда окружающей среде в результате ее засорения отходами.

Выдача разрешений производится территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды по месту нахождения объектов хранения отходов и объектов захоронения отходов (далее - органы выдачи разрешений), в том числе:

- Минским городским комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды - в случае хранения, захоронения отходов производства в г. Минске;

- областными комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды - в случаях:

 - если среди отходов производства, подлежащих хранению, захоронению на территории области, имеются отходы 1 - 2-го классов опасности, 3-го класса опасности свыше 5 тонн в год или суммарное количество отходов производства, подлежащих хранению, захоронению на территории области, составляет свыше 100 тонн в год;

 - хранения, захоронения отходов производства на территории двух и более районов одной области;

районными, городскими или городскими и районными инспекциями природных ресурсов и охраны окружающей среды - в случаях хранения, захоронения отходов производства на территории соответствующих административно-территориальных единиц.

Для получения разрешения заявители представляют в орган выдачи разрешений:

- заявление на хранение отходов производства по установленной форме и (или) заявление на захоронение отходов производства по установленной форме;
- расчет годового количества образования отходов производства;
- акт инвентаризации отходов производства (за исключением индивидуальных предпринимателей и микроорганизаций);
- копию (копии) заключения (заключений) о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства (в случаях, предусмотренных законодательством об обращении с отходами);
- документ, подтверждающий уплату государственной пошлины.

Выдача разрешения либо решения об отказе в его выдаче осуществляется в срок, установленный в подпункте 6.36.1 пункта 6.36 единого перечня административных процедур, осуществляемых в отношении субъектов хозяйствования, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 сентября 2021 г. №548 (далее - единый перечень), исчисляемый со дня подачи документов, перечисленных выше.

В случае отсутствия у заявителя нормативов образования отходов производства, акта инвентаризации отходов производства и (или) инструкции по обращению с отходами производства, наличие которых не требуется в соответствии с Декретом Президента Республики Беларусь от 23 ноября 2017 г. №7 "О развитии предпринимательства", расчет годового количества образования отходов производства осуществляется на основании разработанной в установленном законодательством порядке проектной документации.

Выдача разрешения на хранение отходов производства осуществляется при условии:

- отсутствия на дату выдачи этого разрешения:
- объектов³ по использованию отходов, принимающих отходы от других юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, в реестре объектов по использованию отходов либо наличия подтверждения в письменной форме от юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, обладающих правом собственности или иным законным основанием на такие объекты и осуществляющих их эксплуатацию, о невозможности использования на таких объектах отходов исходя из их физико-химических характеристик;
- объектов обезвреживания отходов, принимающих отходы от других юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, в реестре объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов либо наличия подтверждения в письменной форме от юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, обладающих

³ Реестр объектов по использованию отходов, реестр объектов обезвреживания отходов, реестр объектов хранения и захоронения отходов размещаются на сайте <http://www.ecoinfo.by>.

правом собственности или иным законным основанием на такие объекты и осуществляющих их эксплуатацию, о невозможности обезвреживания на таких объектах отходов исходя из их физико-химических характеристик;

- объектов захоронения отходов в реестре объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов;

- наличия на территории Республики Беларусь объектов хранения отходов с достаточной фактической мощностью для хранения отходов.

Срок с даты регистрации подтверждений не должен превышать одного года.

Выдача разрешения на захоронение отходов производства осуществляется при выполнении условий, указанных выше, и при наличии на территории Республики Беларусь объектов захоронения отходов с достаточной фактической мощностью для захоронения отходов.

Решение об отказе заявителю в выдаче разрешения органом выдачи разрешений принимается в случаях:

- невыполнения условий, приведенных выше;

- в иных случаях, предусмотренных в статье 25 Закона Республики Беларусь от 28 октября 2008 г. №433-З "Об основах административных процедур".

Решение об отказе заявителю в выдаче разрешения принимается в порядке, предусмотренном в статье 26 Закона Республики Беларусь "Об основах административных процедур".

Разрешение на хранение и захоронение отходов производства выдается по установленной форме.

Разрешение оформляется в двух экземплярах, один из которых выдается заявителю, а второй остается в органе выдачи разрешений.

При выдаче разрешения областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды копия выданного разрешения в течение 10 дней со дня его выдачи направляется в городскую, районную или городскую и районную инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды по месту нахождения объекта хранения отходов, объекта захоронения отходов, указанных в разрешении.

Разрешение подписывается руководителем органа выдачи разрешений или уполномоченным им заместителем и заверяется гербовой печатью.

Срок действия разрешения составляет пять лет и исчисляется с даты его выдачи.

Новое разрешение выдается не ранее чем за три месяца до истечения срока действия действующего разрешения.

При выдаче разрешения в середине календарного года количество отходов производства, подлежащих хранению, захоронению в соответствии с таким разрешением в текущем календарном году, принимается равным остатку от годового количества, указанного в разрешении, рассчитанному пропорционально количеству оставшихся дней с даты выдачи разрешения до конца текущего календарного года.

Внесение изменений и (или) дополнений в разрешение либо отказ во внесении изменений и (или) дополнений в разрешение осуществляется в срок, установленный в подпункте 6.36.2 пункта 6.36 единого перечня, исчисляемый со дня подачи документов.

В разрешение вносятся изменения и (или) дополнения в случаях:

- регистрации в реестре объектов по использованию отходов объекта по использованию отходов, принимающего отходы, указанные в разрешении, от других юридических лиц и индивидуальных предпринимателей;

- учета в реестре объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов объекта обезвреживания отходов, принимающего отходы, указанные в разрешении, от других юридических лиц и индивидуальных предпринимателей;

- изменения требований законодательства, в соответствии с которым требуется внесение изменений и (или) дополнений в разрешение;

- изменения количества отходов производства, подлежащих хранению, захоронению;

- образования новых видов отходов производства, подлежащих хранению, захоронению;

- изменения условий хранения, захоронения отходов производства, установленных в разрешении;

- смены объектов хранения отходов и (или) объектов захоронения отходов, на которых производится хранение, захоронение отходов производства в соответствии с разрешением.

В случае изменения наименования юридического лица (фамилии, собственного имени, отчества (если таковое имеется) индивидуального предпринимателя) и (или) места его нахождения (места жительства индивидуального предпринимателя) заявитель в течение 30 дней со дня наступления таких изменений уведомляет об этом орган выдачи разрешений в письменной форме с приложением копий подтверждающих документов, при этом изменения и (или) дополнения в разрешения не вносятся.

В случае реорганизации заявителя - юридического лица в форме слияния, выделения или разделения вновь созданному юридическому лицу (вновь созданным юридическим лицам), а в форме преобразования - преобразованному юридическому лицу необходимо в течение 60 дней со дня государственной регистрации обратиться в орган выдачи разрешений для получения нового разрешения в установленном порядке. До получения нового разрешения действуют ранее выданные разрешения.

В случае присоединения заявителя - юридического лица к другому юридическому лицу, которое имеет разрешение, последнее из них вправе продолжить осуществление деятельности по обращению с отходами на основании ранее выданного разрешения, если указанные в нем сведения не изменились.

В случае, если данные сведения изменились, реорганизованному юридическому лицу в течение 60 дней со дня внесения в Единый государственный регистр юридических лиц и индивидуальных предпринимателей записи об исключении из него присоединенного юридического лица необходимо внести в разрешение изменения и (или) дополнения в установленном порядке.

При внесении изменений и (или) дополнений в разрешение заявителю выдается разрешение, оформленное на новом бланке, при этом номер и дата выдачи разрешения не изменяются, а в разрешение вносится отметка о дате внесения изменений и (или) дополнений.

В случае утраты разрешения заявитель вправе обратиться в орган выдачи разрешений с заявлением в произвольной форме о выдаче ему дубликата разрешения.

Дубликат разрешения выдается в течение пяти календарных дней со дня обращения заявителя.

Действие изменений и (или) дополнений, внесенных в разрешение, начинается с даты внесения изменений и (или) дополнений, указанной в разрешении.

При получении разрешения, оформленного на новом бланке, заявитель обязан сдать в орган выдачи разрешений оригинал ранее выданного разрешения (либо его дубликат).

Разрешение аннулируется на основании решения органа выдачи разрешений в случаях:

- ликвидации юридического лица, прекращения деятельности индивидуального предпринимателя, реорганизации юридического лица, если не соблюдены условия, указанные выше;

- поступления письменного заявления об аннулировании выданного разрешения;

- выдачи нового разрешения;

- нарушения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем условий, содержащихся в разрешении, и (или) требований законодательства об обращении с отходами.

Орган выдачи разрешений в течение пяти дней со дня принятия решения об аннулировании разрешения направляет заявителю уведомление об аннулировании разрешения на хранение и захоронение отходов производства по форме согласно приложению 4, а юридическому лицу и (или) индивидуальному предпринимателю, обладающим правом собственности или иным законным основанием на объекты хранения отходов и (или) объекты захоронения отходов, указанные в разрешении, и осуществляющим их эксплуатацию, - копию этого уведомления.

Заявитель, разрешение которого аннулировано, в течение 15 дней со дня получения уведомления об аннулировании разрешения обязан сдать оригинал разрешения (либо его дубликат) в орган выдачи разрешений.

Заявитель, разрешение которого аннулировано, вправе после устранения выявленных нарушений получить разрешение в установленном порядке.

Тема 6. Опасные отходы. Свойства опасных отходов. Отнесение отходов к классам опасности.

Опасные свойства отходов. Классы опасности отходов. Порядок установления степени опасности и класса опасности отходов.

Опасные отходы — это отходы, которые могут представлять существенную угрозу для здоровья людей и окружающей среды, поскольку они содержат (или выделяют в процессе разложения) вредные вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды, стойкие органические загрязнители, биологические и радиоактивные материалы. Эти отходы могут вызвать серьезные негативные последствия для

окружающей среды, включая загрязнение почвы, воды и воздуха, а также разрушение экосистем.

Опасные отходы чаще всего образуются в результате промышленной, коммерческой и сельскохозяйственной деятельности, однако часто встречаются и в быту - батарейки, аккумуляторы, люминесцентные лампы, бытовая химия и др.

Термин «опасные отходы» был введен в 1976 году в Соединенных Штатах Америки с принятием Закона о национальной политике в области охраны окружающей среды (NEPA).

Порядок определения степени опасности отходов и отнесения их к классам опасности установлен в Постановлении министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, министерства здравоохранения Республики Беларусь и министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 41/108/65 «О порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства» от 29 ноября 2019 г.

Опасные отходы относятся к классам опасности по одному или нескольким присущим им опасным свойствам:

- экотоксичность - способность отходов в случае попадания в окружающую среду представлять немедленно или со временем угрозу для окружающей среды в результате биоаккумуляции и (или) оказывать токсичное воздействие на биотические системы;

- токсичность - способность отходов при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или кожу вызывать серьезные, затяжные или хронические заболевания, включая раковые заболевания;

- взрывоопасность - способность отходов либо смеси отходов к химической реакции с выделением газов такой температуры и давления и с такой скоростью, которые вызывают повреждение окружающих предметов;

- пожароопасность - способность отходов (кроме классифицированных как взрывчатые) самовозгораться, легко загораться либо вызывать или усиливать пожар при трении, самопроизвольно нагреваться при нормальных условиях или нагреваться при соприкосновении с воздухом, а затем самовоспламеняться;

- токсичность продуктов горения - способность отходов при горении выделять токсичные вещества, которые при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или кожу способны вызывать серьезные, затяжные или хронические заболевания, включая раковые заболевания;

- инфекционность - способность отходов, содержащих живые микроорганизмы или токсины, вызывать заболевание у животных и людей.

Производители отходов производства обеспечивают установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, если степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства не указаны в классификаторе отходов.

Если производитель отходов производства не обеспечил установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, то их установление осуществляют юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, к которым перешло право собственности или иное вещное право на эти отходы.

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства необходимо для предотвращения вредного воздействия отходов на окружающую среду, здоровье граждан, имущество и организации безопасного обращения с отходами.

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства осуществляется на основании определения опасных свойств отходов, указанных в перечне опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов, необходимых для установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, согласно приложению 1 Постановления министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, министерства здравоохранения Республики Беларусь и министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 41/108/65 «О порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства» от 29 ноября 2019 г.

Определение опасных свойств отходов осуществляется на основании договора в соответствии с частью первой пункта 5 статьи 16 Закона Республики Беларусь "Об обращении с отходами".

По результатам определения опасных свойств отходов выдается заключение о степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства по установленной форме.

Степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства устанавливаются исходя из значения опасных свойств отходов согласно приложению 3 Постановления министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, министерства здравоохранения Республики Беларусь и министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 41/108/65 «О порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства» от 29 ноября 2019 г.

При определении двух и более опасных свойств отходов класс опасности опасных отходов производства устанавливается исходя из наиболее высокого класса опасности, определенного по результатам исследований.

Как упоминалось выше, по степени опасности отходы делятся на 4 класса опасности.

I класс - чрезвычайно опасные - радиоактивные, химически и биологически опасные отходы – ПХБ-содержащие отходы, ртутьсодержащие отходы, свинцовые аккумуляторы отработанные неповрежденные с неслитым электролитом и т.д.

II класс – высокоопасные отходы - шламы гальванические медьсодержащие; масла трансформаторные и теплоносущие, содержащие галогены, отработанные; старые лаки, краски незатвердевшие и т.д.

III класс - умеренно опасные отходы - отработанные синтетические и минеральные масла, отходы лекарственных средств, отработанные шины и т.д.

IV класс – малоопасные отходы – пыль зерновая, отходы обработки древесины, некоторые строительные отходы и т.д.

Неопасные отходы – некоторые строительные отходы, отходы стекла, металлоотходы, поваренная соль и т.д.

На рисунке 2 приведены данные по структуре и количеству образовавшихся в 2022г опасных отходов в РБ.

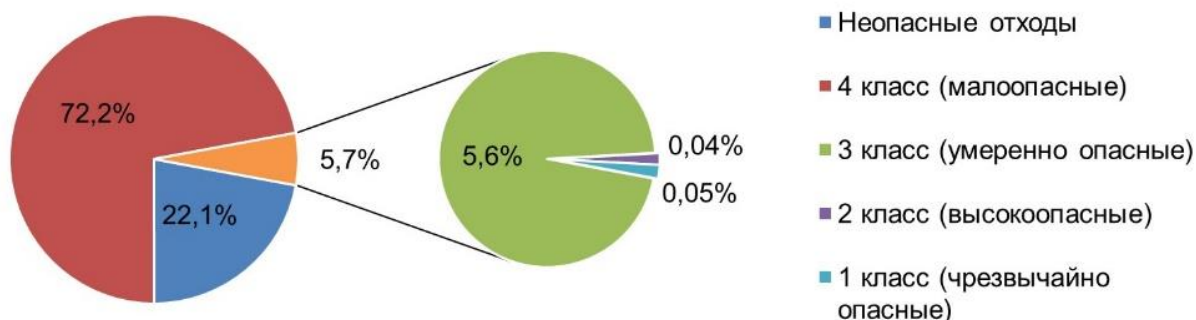


Рисунок 2 - Структура образования отходов производства по классам опасности в Республике Беларусь в 2022 году

Обращение с опасными отходами.

Твердые отходы производства 1 и 2 классов опасности должны храниться в герметично закрытой таре. Жидкие отходы первого и второго классов опасности хранятся в герметичных контейнерах, бочках, цистернах, баках, баллонах и других емкостях. Емкости должны устанавливаться на поддонах с водонепроницаемой поверхностью.

Для хранения отходов производства 1 и 2 классов опасности должны быть предусмотрены закрытые помещения от доступа посторонних лиц. Помещения должны быть оснащены системами вентиляции. Тара для хранения отходов производства 1, 2 и 3 класса опасности должна полностью предотвращать их утечку, испарение и (или) просыпание.

Отходы 3 класса опасности разрешается хранить в закрытых и открытых контейнерах, бочках, цистернах, баках, полиэтиленовых мешках, пластиковых, текстильных и бумажных пакетах, ящиках и др. таре.

Отходы 4 класса опасности и неопасные отходы могут храниться закрытой и открытой таре или навалом, насыпью открыто (навалом или насыпью) в специально отведенном месте или контейнере для сбора и временного хранения отходов. Поверхность площадки для хранения отходов 3 класса опасности должна иметь искусственное водонепроницаемое покрытие.

Отходы производства должны временно храниться на территории предприятий и организаций в объеме до одной транспортной единицы, установленной в инструкции по обращению с отходами производства, а за тем вывозиться для использования, обезвреживания либо захоронения согласно статье 25 Закона.

Нарушение периодичности вывоза отходов производства и (или) превышение допустимого количества их накопления при временном хранении не допускаются.

Тема 7. Способы переработки отходов. Механическая, термическая и механо-термическая переработка отходов

Укрупненно методы переработки и обезвреживания отходов делятся на механические, термические и комбинированные (механо-термические).

Способы подготовки и переработки отходов в общем случае включают в себя **механические и частично термические методы** и классифицируются следующим образом.

1. Классификация и сортировка:
 - грохочение;
 - гидравлическая классификация;
 - воздушная сепарация.
2. Уменьшение размеров кусков, частиц:
 - дробление;
 - помол.
3. Укрупнение размеров частиц:
 - гранулирование;
 - таблетирование;
 - брикетирование;
 - высокотемпературная агломерация.
4. Выщелачивание.
5. Обогащение:
 - отсадка в тяжелых средах, на столах, на шлюзах;
 - магнитная сепарация;
 - электрическая сепарация;
 - флотация;
 - другие виды обогащения.
6. Смешение.
7. Растворение-кристаллизация.
8. Другие методы.

Классификация и сортировка. Грохочение.

При дроблении твердых отходов степень измельчения материалов различна. Она зависит от твердости, хрупкости и первоначальной формы куска. После каждой стадии дробления часть материала может оказаться мельче заданного размера и будет лишней нагрузкой для очередной дробильной машины. Поэтому перед дроблением и между остальными его стадиями материал сортируют по размерам на классы, применяя для этого просеивающие аппараты.

Для разделения кусковых и сыпучих материалов на фракции применяют различные способы:

- просеивание или грохочение;
- разделение под действием гравитационно-инерционных сил;
- разделение под действием гравитационно-центробежных сил.

В первом случае разделение на фракции осуществляется путем использования

различных конструкций сит, решеток и грохотов. Во втором и третьем случаях разделение измельченных продуктов на классы или выделение целевого продукта осуществляется методом отдельного высаживания частиц из несущей среды под действием гравитационно-инерционных или гравитационно-центробежных сил. В качестве несущей среды при сухом измельчении чаще всего применяют воздух, реже дымовые или инертные газы, а при мокром — воду. Разделение сыпучих материалов под действием гравитационно-инерционных сил производится в газовых осадителях и гидравлических классификаторах, а под действием гравитационно-центробежных сил — в сепараторах циклонного типа, с вращающимися лопастями и т.п.

Разделение крупных и средних по размерам кусков производится на грохотах, мелкого - на грохотах и в классификаторах, тонкого - преимущественно в классификаторах.

Грохочение – процесс разделения на классы по крупности различных по размерам кусков (зерен) материала при его перемещении на ячеистых поверхностях (колосниковые решетки, штампованные решетки, проволочные сетки, щелевидные сита из различных металлов, резины, полимеров с ячейками (отверстиями) различных форм и размеров).

Включают методы грохочения (рассева) кусков (зерен) перерабатываемого материала и их разделение действием гравитационно-инерционных и гравитационно-центробежных сил.

Продукт, поступающий на сито для просеивания, называют исходным. Остающийся на сите материал называется надрешетным (верхним), а прошедший через отверстия сита — подрешетным (нижним) продуктами. Продукты грохочения могут выделяться от крупного класса к мелкому, от мелкого класса к крупному или по комбинированной схеме. Грохочение в промышленности производится при помощи грохотов.

Применяются самостоятельно и как вспомогательные стадии.

Если классификация применяется самостоятельно с целью получения той или иной фракции материала в качестве готового продукта, то ее называют сортировкой.

По назначению различают следующие типы грохочения:

- вспомогательное грохочение — применяется на горно-обогажительных комбинатах в технологических схемах дробления руды для выделения готового по крупности продукта перед дроблением (предварительное грохочение) или после дробления (поверочное грохочение);

- совмещенное грохочение, если совмещены обе операции грохочения;

- самостоятельное грохочение — применяется на дробильно-сортировочных и обогажительных фабриках, перерабатывающих железные руды, с целью выделения классов, представляющих собой готовые по содержанию железа концентраты или отправляемые потребителю продукты;

- подготовительное грохочение — применяется для разделения материала на несколько классов крупности с целью их отдельной обработки;

- обезвоживающее грохочение — применяется для удаления воды из зернистого материала после промывки или отделения суспензии от конечных продуктов обогащения в тяжелых средах.

По размерам отверстий сит, зависящих от крупности исходного материала, применяют следующие операции грохочения:

- крупного (размер отверстий просеивающей поверхности 300—60 мм);
- среднего (60—25 мм);
- мелкого (25—0,2 мм);
- тонкого (менее 0,2 мм).

Основным показателем грохочения является эффективность E (в %), определяемая отношением количества подрешетного (просеянного через отверстия) продукта к общему количеству его в исходной руде.

Для классификации используются грохоты:

- неподвижные колосниковые;
- валковые;
- барабанные вращающиеся;
- дуговые;
- ударные;
- плоские качающиеся;
- полувибрационные (гирационные);
- вибрационные с прямолинейными вибрациями (резонансные, самобалансные, с самосинхронизирующимися вибраторами) и с круговыми или эллиптическими вибрациями (инерционные с дебалансным вибратором, самоцентрирующиеся, электровибрационные).

Рассмотрим наиболее часто используемые виды грохотов.

Колосниковый грохот (рисунок 3) предназначен просеивать какое-либо сырье и разделять его на фракции: в горнодобывающей промышленности – руду, уголь, в сельском хозяйстве на элеваторах злаки отделяют от земли, сора, травы. Колосниковый грохот работает с кусками в 1200 мм. Он используется для предварительного грохочения горных пород с крупными частями. Грохоты колосниковые очень просты по конструкции и надежны в работе, крайне редко требуют ремонта при наличии должного технического обслуживания.

Неподвижные колосниковые грохоты – это решетка из колосников фасонного сечения, которые устанавливаются под углом к горизонту. Поперечное сечение колосников представляет собой трапецию. Эта форма образует отверстия, расширяющиеся книзу, тем самым уменьшается застревание кусков материала.

Для различных руд угол наклона решетки составляет 38° - 50° , а для угля – 30° - 35° . Если влажность исходного материала повышенная, то угол увеличивают на 5° - 10° . Длина грохота зависит от необходимой производительности.

Подвижные колосниковые грохоты, например консольные вибрирующие, изготавливают из отдельных колосниковых решеток, один конец которых жестко крепят на балках несущей конструкции. Куски крупного исходного материала, попадая на решетку, вызывают вибрации консольных концов колосников. Благодаря этому такие колосники меньше засоряются липким материалом.

Преимущества колосникового грохота

- простота конструкции;
- долговечность;
- высокое ударное сопротивление;

- эффективность грохочения.

При грохочении комкующихся материалов некоторые типы этих механизмов иногда снабжаются дополнительными устройствами, обеспечивающими эффективное проведение соответствующих операций.



Рисунок 3 – Колосниковый грохот
(источник - <http://www.rosrez.ru/kolosnikovye-grokhoty>).

Технологически при выделении более двух классов перерабатываемого материала грохочение может быть оформлено в виде различных вариантов, имеющих свои достоинства и недостатки, связанные с интенсивностью износа ячеистых поверхностей, удобством их ремонта/замены и наблюдения за их состоянием, эффективностью процесса и компактностью установки.

Валковые грохоты (рисунок 4) относятся к группе классифицирующих машин. Просеивающая поверхность валкового грохота образована рядом валов, на которых закреплены диски.

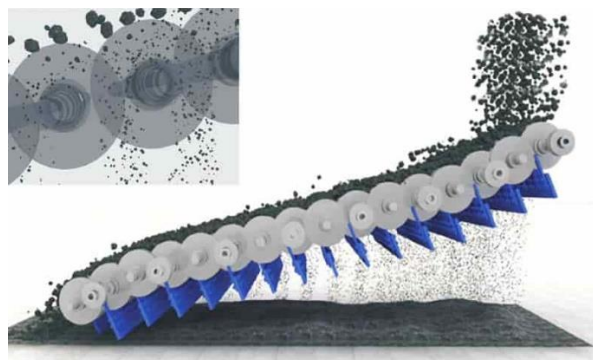


Рисунок 4 – Валковый грохот.

(Источник - <https://nebomining.ru/drobilno-sortirovochnoe-oborudovanie/valkovo-diskovyye-grohotyi-crs>).

Валковые грохот-питатели предназначены для приема исходной породы и равномерной подачи сыпучих и кусковых материалов из бункера в рабочие машины и

являются наиболее эффективным видом оборудования для отвода (удаления) вязких загрязненных фракций породы из основного перерабатываемого материала. Валковые грохот-питатели применяются, прежде всего, где загружаемый материал крупный, содержащий большое количество глинистых включений, закупоривающих деку стандартного грохота.

Валковые грохот-питатели представляют собой конструкцию, состоящую из одно- или двухсекционной сварной рамы, на которой смонтированы ролики (эксцентрикные валы), привод и бункер.

Валковый вибрационный классификатор состоит из металлического корпуса, вибрационного привода и просеивающей поверхности в виде валков.

Валки могут иметь вид цилиндров, дисков или лепестковых звездочек в зависимости от типа перерабатываемого исходного сырья. Валки имеют нормированное расстояние между собой и закреплены на корпусе классификатора таким образом, что под действием вибрационного привода они образуют систему нелинейных маятников с гетеропараметрическим возбуждением. Такое возбуждение валков обеспечивает их синхронный и синфазный режим движения, при стабильном сохранении размеров просеивающих щелей. Вся система валков выполняет не только вращательное движение, но также и круговое вибрационное движение в двумерной вертикальной координатной плоскости.

Основой высокой производительности и эффективного разделения минерального сырья по крупности, является сложное двойное движение валков, позволяющее разделять влажные, липкие и волокнистые материалы по размеру, например, влажные, жирные угли, глинистые соединения, торф и другое минеральное сырье.

Для влажных материалов дополнительно вводится ударное воздействие на перерабатываемый материал путем выполнения валков специальной конструкции. Такие валки способны разрушить прочные внешние связи между частицами материала, тем самым повышая эффективность разделения.

Область применения валкового вибрационного классификатора:

- открытые горные карьеры и шахты;
- горно-обогатительные комбинаты;
- перерабатывающие и разделительные фабрики и заводы;
- перерабатывающие комбинаты для сухого и влажного минерального сырья.

Барабанный грохот (рисунок 5) – техника, которая представляет собой специальную сортировочную установку барабанного типа. Ее широко используют с целью разделения по фракциям разнообразных сыпучих материалов - песок, щебень, уголь и т.д.

Барабанные грохоты чаще всего используются для грохочения от мелкого к крупному, при этом сито барабана собирается из нескольких секций с отверстиями, увеличивающимися по направлению к разгрузочному концу.

При сортировке подаваемого материала используется система орошения, что позволяет одновременно очищать его от налипших частиц. Таким образом, грохот барабанный можно применять в сочетании с мельницами и дробилками. При необходимости можно использовать и как самостоятельный вид оборудования.

Оборудование барабанного типа подходит для грунта и песка, сортировки глины, разделения гравия и щебня, для обогащения графита, асбеста.

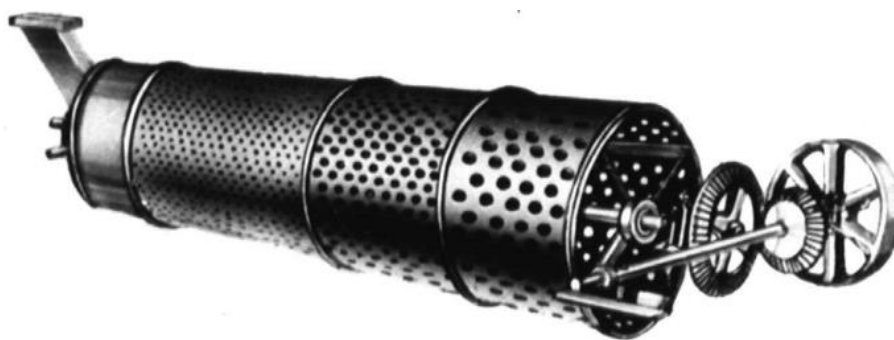


Рисунок 5 – Барабанный грохот.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:9/>)

Широко применяется в деревообрабатывающей, дорожной, горнодобывающей отрасли, строительстве. Оборудование зарекомендовало себя с хорошей стороны в обработке цемента, песчаных материалов, щебня, отходов строительства, асфальтобетонных и гравийных смесей, отходов деревообработки. Техника обеспечивает эффективное просеивание глиняных и влажных составов, что делает данное оборудование незаменимым для калибровки грунта. С помощью грохота производится проверка качества грунта, его сортировка и обработка, необходимая при высаживании саженцев различных пород для озеленения участков.

Такое оборудование может быть оснащено тремя видами силовых установок: дизельным, электрическим мотором или обоими вариантами силовых установок одновременно.

Барабанный грохот состоит из вращающегося дырчатого барабана, опорного устройства и приводного механизма (силовой установки). Устройство и принцип действия сортировочного приспособления достаточно прост. После обработки в дробилке сыпучие материалы попадают в рабочую часть устройства и просеиваются через стенки барабана, который вращается вокруг своей оси. В зависимости от требуемой производительности и размера фракции на выходе барабан наклоняется под углом от 3 до 8 градусов.

Грохот состоит из двух секций.

Загрузочное отделение. Имеет отражающие и перемешивающие перегородки для придания засыпанному материалу однородности.

Рабочая область. В ней происходит разделение обрабатываемого материала по гранулометрическому составу.

Барабан грохота вращается с помощью электрического двигателя, соединенного с рабочей частью с помощью зубчатой передачи. Приводные ролики размещаются возле приемного отделения. Учитывая принцип работы оборудования, в этой области материал не скапливается, что исключает механические перегрузки.

В добывающей и перерабатывающей промышленности используются цилиндрические и конические грохоты. Классификация производится по форме барабана с перфорацией. В первом случае рабочая часть имеет одинаковый диаметр, во втором выходное отверстие меньше по диаметру, чем загрузочное.

Также грохоты могут быть с разными типами отверстий:

- цилиндрические;
- кубические;
- щелевые.

К преимуществам применения грохотов барабанных относят высокое качество фракционирования и очистки материалов, производительность, простоту конструкции, простоту в обслуживании и эксплуатации, отсутствие вибраций, возможность быстрой очистки рабочей части от загрязнений, доступная цена, ремонтпригодность и возможность использования в различных областях промышленности и сельского хозяйства.

Недостатки: значительное крошение материала; громоздкость, связанная с малой удельной производительностью поверхности грохочения; забиваемость сит.

Плоские качающиеся грохоты (рисунок 6) – вид грохотов, отличающийся характерным качающимся движением короба с ситом при работе, которое как правило происходит в горизонтальной плоскости. Качающиеся грохоты применяются в закрытых непрерывных процессах, где важна минимизация выделения пыли и точное фракционирование сырья с большой производительностью.

При помощи одного качающегося грохота можно одновременно разделить материал на пять фракций с требуемой производительностью. Как правило, качающийся грохот оснащается сменными секциями и ситами или просто сменными ситами для изменения фракционного разделения.

Такие грохоты имеют один или два короба удлиненной прямоугольной формы с закрепленными в них ситами. Короб устанавливают на опорах или подвешивают на подвесах к раме грохота и совершают возвратно-поступательные, круговые движения или качания.

Материал поступает со стороны входной части короба грохота, далее, попадая в распределительный короб, поток, в зависимости от количества и конструкции сит, разделяется на несколько частей.

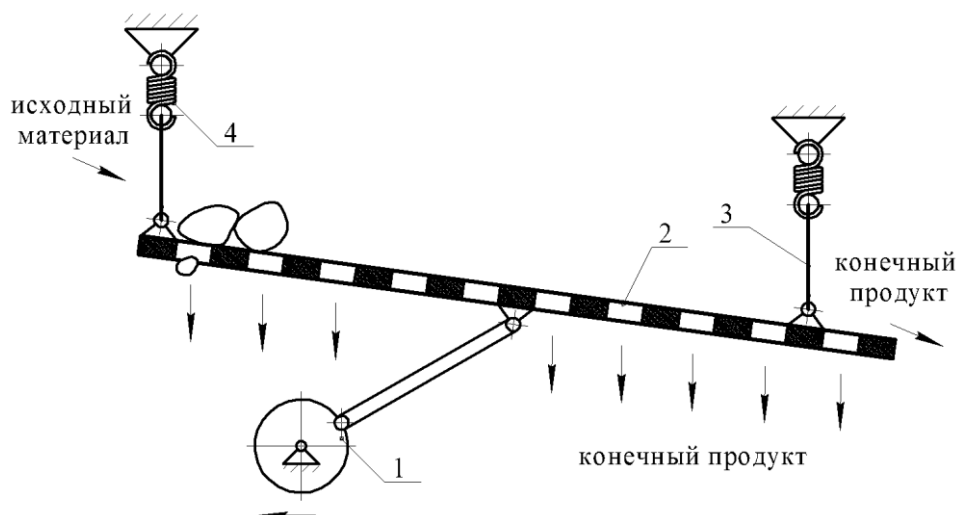


Рисунок 6 - Схема плоского качающегося грохота.

1 – эксцентрик; 2 – грохот; 3 – подвеска; 4 – пружины

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:10/>)

Некоторые конфигурации грохотов предполагают параллельную сепарацию материала в одном корпусе, что делается для увеличения производительности. Каждый из разделенных потоков проходит сквозь необходимое количество сит, и, по окончании процесса, потоки нужной фракции объединяются.

Качающиеся грохоты применяют для классификации сухим и мокрым способом твердых материалов, т. е. для просеивания сухих материалов на поверхности с отверстиями до 1 мм и для процеживания жидких масс на ситах с отверстиями до десятых долей миллиметра.

Качество грохочения зависит от длины сита, времени нахождения материала на нем, угла наклона сита, гранулометрического состава материала.

Принцип работы качающегося грохота основан на использовании энергии движения сита и силы тяжести частиц материала. Попадая на сито, куски породы начинают движение по его наклонной поверхности.

Частицы, на пропуск которых настроено сито, просеиваются на следующий уровень, где расположено следующее по размеру ячейки сито. Частицы, не прошедшие через ячейки сита, продолжают движение к концу короба грохота.

По характеру качаний плоские грохоты делятся на грохоты с прямолинейными и круговыми качаниями, со сложным движением. Плоские качающиеся грохоты также совершают движения подбрасывания материала. Характер движения материала на качающемся грохоте зависит от частоты вращения вала эксцентрика его эксцентриситета.

Массовая производительность качающихся грохотов зависит от транспортирующей способности по исходному материалу.

Главные достоинства качающихся грохотов – долговечность; технологичность конструкции и легкость эксплуатации; большая производительность и эффективность по сравнению с колосниковыми и барабанными грохотами, так как удельная поверхность больше; меньшее крошение материала; компактность и удобство обслуживания.

Главный недостаток таких грохотов – неуравновешенность конструкции вследствие больших динамических нагрузок на опорные подшипники. В результате их работа сопровождается сотрясениями и толчками.

Классификация и сортировка. Гидравлическая классификация.

Гидравлической классификацией называется процесс разделения неоднородного по крупности твердого материала на классы в зависимости от скорости осаждения зерен разного размера в жидкой (водной) или газовой (воздушной) средах. Каждый класс зерен, выделяемых при классификации, является совокупностью зерен, обладающих близкими значениями скорости осаждения.

Осуществляют гидравлическую классификацию в аппаратах, называемых классификаторами. Крупность материала, подвергаемого гидравлической классификации, как правило, не превышает 5,0 мм. Процесс классификации может происходить в вертикальных и горизонтальных струях воды.

В классификационных аппаратах и машинах различного рода процесс разделения происходит под действием сил тяжести или центробежных сил. Для такого обогативания характерно использование физических свойств материала при

осуществлении процесса классификации.

По конструктивному исполнению и характеру движения гидросмеси гидравлические классификаторы разделяют на аппараты горизонтального и вертикального типа, а по принципу действия на гидроклассификаторы свободного и стесненного падения. К группе классификаторов относят также спиральные и, речные классификаторы, в которых используется механическое воздействие рабочего органа на материал в процессе разделения его на фракции.

Особую подгруппу составляют центробежные классификаторы, в которых материал разделяется на фракции под действием разницы центробежных сил, действующих на зерна разной крупности во вращательном потоке пульпы.

Гидравлическая классификация осуществляется в горизонтальных, восходящих и вращающихся потоках воды, движущейся в классификаторе с такой скоростью, что зерна меньше определенного размера, не успевая осесть, уносятся с нею в слив, зерна же большего размера оседают в классификаторе. По результату действия к гидравлическим классификаторам следует отнести все аппараты отстойного типа. Поэтому ниже рассматриваются только так называемые механические классификаторы — аппараты, снабженные механическим транспортным устройством для непрерывного удаления осевшего нижнего продукта (песков) и используемые в основном для классификации. В отличие от грохочения классификация применяется для разделения мелкого материала (5-0.05 мм и менее).

Механические классификаторы. Эти аппараты используются главным образом для классификации продукта измельчения, получаемого в мельницах, и работают в замкнутом цикле с ними. При этом слив классификатора является готовым продуктом, а пески, состоящие из более крупных частиц, возвращаются в мельницу на доизмельчение. Наибольшее распространение получили спиральные, речные и чашевые классификаторы. Спиральный классификатор (рисунок 7) представляет собой наклонное (под углом 12-18°) корыто 1 полуцилиндрического сечения, внутри которого со скоростью от 1.5 до 20 мин⁻¹ вращаются одна или несколько спиралей 2, частично погруженных в жидкость и транспортирующих пески в верхнюю часть корыта для выгрузки.

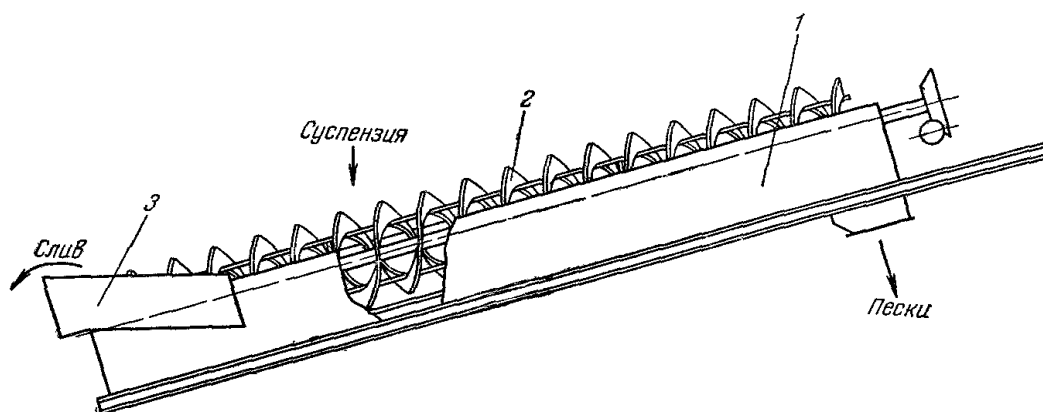


Рисунок 7 – Схема спирального классификатора.

1 – корыто, 2- спираль, 3- сливной порог.

(Источник - <https://studfile.net/preview/6189097/page:57/>)

Слив удаляется из нижней части классификатора через высокий порог 3. Угол наклона корыта, число оборотов спиралей и концентрация твердого материала в пульпе являются основными факторами, влияющими на эффективность классификации и производительность аппарата. В речных классификаторах транспортирование песков в корыте коробчатого сечения осуществляется рамами со скребками, совершающими возвратно-поступательное движение. Периодически опускаясь на дно короба, рамы перемещаются на некоторое расстояние вверх, сгребая осевшие пески, после чего поднимаются над дном и приподнятыми перемещаются в обратном направлении, не задевая осевших песков. Затем гребки опускаются на дно короба и цикл повторяется. По сравнению со спиральными классификаторами речные имеют меньшую удельную производительность, более сложны по конструкции, труднее сопрягаются с мельницами при замкнутом цикле измельчения. Поэтому спиральные классификаторы, особенно в крупнотоннажных производствах, вытесняют речные.

Чашевый классификатор (рисунок 8), обеспечивающий высокую производительность по сливу, представляет собой речной классификатор 1, над нижним концом которого установлена конусная чаша 2 с медленно вращающимися гребками 5. Пульпа, направленная на классификацию, поступает в чашу, где крупные частицы оседают на дно, сгребаются гребками к центру и через отверстие в дне чаши попадают в корыто речного классификатора. Мелкие частицы уходят в слив через край корыта в кольцевой желоб 4. В речном классификаторе мелкая фракция, увлеченная песками, отмывается водой, движущейся противотоком, и направляется в чашу агрегата.

Общим недостатком механических классификаторов является низкий к. п. д., поскольку выдаваемые ими на доизмельчение в мельницах пески содержат большое количество тонкого материала (до 20% материала класса — 75 мкм).

Высокая производительность и эффективность классификации достигаются в центробежных классификаторах, в качестве которых используют гидроциклоны и отстойные центрифуги со шнековой выгрузкой.

Воздушные сепараторы. В воздушных сепараторах, работающих в замкнутом или открытом циклах с мельницами сухого помола, классификация твердого материала происходит вследствие различных скоростей осаждения частиц разного размера в воздушной среде в поле действия центробежных сил и сил тяжести.

Сепараторы делятся на воздушно-проходные и воздушно-циркуляционные (рисунки 9, 10).

. Поток воздуха с измельченным материалом поступает в воздушно-проходной сепаратор по патрубку 1 со скоростью 15-20 м/сек, омывает отбойный конус 2, проходит по кольцевому пространству между корпусом 3 и внутренним конусом 4 и затем через тангенциально установленные лопатки завихрителя 5.

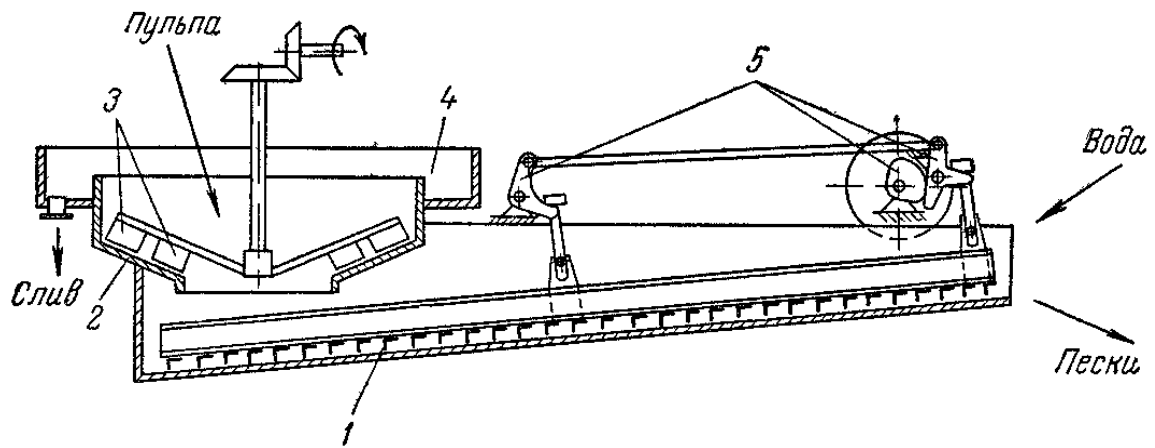


Рисунок 8– Схема чашевого классификатора.

1 – речной классификатор, 2- конусная чаша, 3- гребки, 4 – кольцевой желоб, 5 – механизм возвратно-поступательного движения рамы с рейками.

(Источник - <https://studfile.net/preview/6189097/page:57/>)

Выделение крупных твердых частиц (грубой фракции) из смеси происходит сначала в кольцевом пространстве между конусами 3 и 4 под действием силы тяжести вследствие резкого снижения скорости воздушного потока в этом пространстве (до 4-6 м/сек).

Крупные частицы, выпадая из потока, через патрубок 6 возвращаются на доизмельчение в мельницу. Дальнейшая сепарация грубой фракции осуществляется под действием центробежных сил инерции, возникающих при закручивании потока в лопатках завихрителя 5.

При этом крупные частицы отбрасываются на внутреннюю стенку конуса 4, падают на отбойный конус и удаляются через патрубок 6, предварительно подвергаясь дополнительной классификации в воздушном потоке кольцевого пространства.

Тонкая фракция вместе с воздухом отводится через патрубок 7 с помощью вентилятора (на рисунке не показан) и подается в аппарат очистки воздуха (например, циклон), где твердые частицы улавливаются, а воздух возвращается в мельницу (при работе в замкнутом цикле) или удаляется наружу.

Описанные сепараторы с неподвижными лопатками завихрителя позволяют разделять материал по границе 150-200 мкм. Эффективность классификации можно регулировать изменением скорости воздуха и положения лопаток завихрителя. Более тонкое разделение (по границе 60-30 мкм) достигается в сепараторах с принудительно вращающимся завихрителем.

Воздушно-циркуляционные сепараторы отличаются от воздушно-проходных тем, что воздушный поток циркулирует внутри аппарата и не выводится наружу.

Разделяемый материал по патрубку 1 поступает на вращающийся диск (тарелку) 2. Центробежной силой крупные, более тяжелые, частицы отбрасываются к стенке конуса 3, опускаются по ней и удаляются через патрубок 4. На валу 5 тарелки укреплено вентиляторное колесо 6, создающее поток воздуха, циркуляция которого показана на рисунке 10 стрелками. Циркулирующий пылевоздушный лоток, проходя между лопатками завихрителя 7, под действием инерционных сил

дополнительно освобождается от крупных частиц, которые по внутренней поверхности конуса 8 отводятся к патрубку 4.

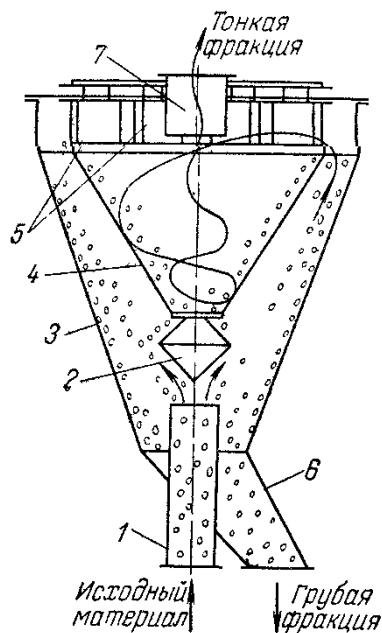


Рисунок 9 – Схема воздушно-проходного сепаратора.

1, 6, 7 – патрубки, 2 – отбойный корпус, 3 – корпус, 4 – внутренний конус, 5 – завихритель.

(Источник - <https://studfile.net/preview/6189097/page:57/>)

В корпусе 9 аппарата улавливаются частицы мелкой фракции, которые удаляются через патрубок 10. Процесс выделения мелкой фракции в корпусе 9 аналогичен выделению пыли в циклонах. Центробежное ускорение потоку в корпусе 9 сообщает вентиляторное колесо 6.

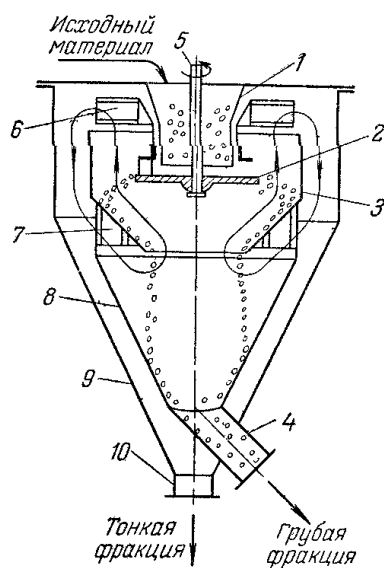


Рисунок 10 – Схема воздушно-циркуляционного сепаратора.

1, 4, 10 – патрубки, 2 – вращающийся диск, 3, 8 – внутренние конусы, 5 – вал, 6 – вентиляторное колесо, 7 – завихритель, 9 – корпус.

(Источник - <https://studfile.net/preview/6189097/page:57/>)

Выполняя одновременно функции классификатора, вентилятора и циклона, воздушно-циркуляционные сепараторы по сравнению с воздушно-проходными более компактны и требуют меньших затрат энергии.

Классификация и сортировка. Воздушная сепарация.

Пневматическая классификация или воздушная сепарация используется, когда механическая классификация затруднительна. Чаще всего ее применяют для классификации мелких порошков (менее 100 мкм). Процесс проводят в поле силы тяжести или центробежных сил.

Сепарация в псевдооживленном слое.

Сепараторы псевдооживленного слоя представляют собой прямоугольный корпус 1, разделенный газораспределительной решеткой 2 (рисунок 11).

Корпус имеет прямоугольную форму для того, чтобы материал двигался без продольного перемешивания (идеальное вытеснение). Газораспределительная решетка может быть горизонтальной или слегка наклоненной в сторону выгрузки.

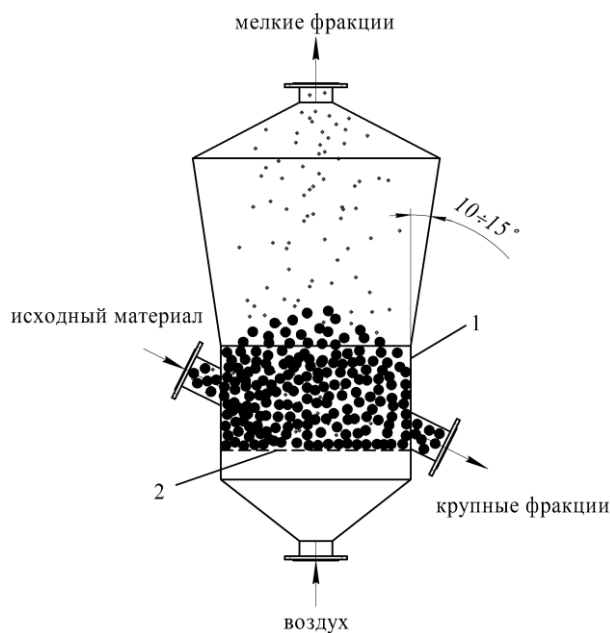


Рисунок 11 – Схема сепаратора псевдооживленного слоя.

1 – корпус; 2 – распределительная решетка.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:13/>)

Для повышения эффективности сепарации верхняя часть аппарата слегка расширена. Кроме того, эти аппараты подразделяют на несколько зон при помощи секционных перегородок (6-8 штук). Такие перегородки разделяют слипшиеся и задерживают крупные частицы, а мелкие частицы уносятся с отработанным воздухом и улавливаются в циклонах (рисунок 12).

Благодаря таким перегородкам эффективность сепарации возрастает на 30-50 %.

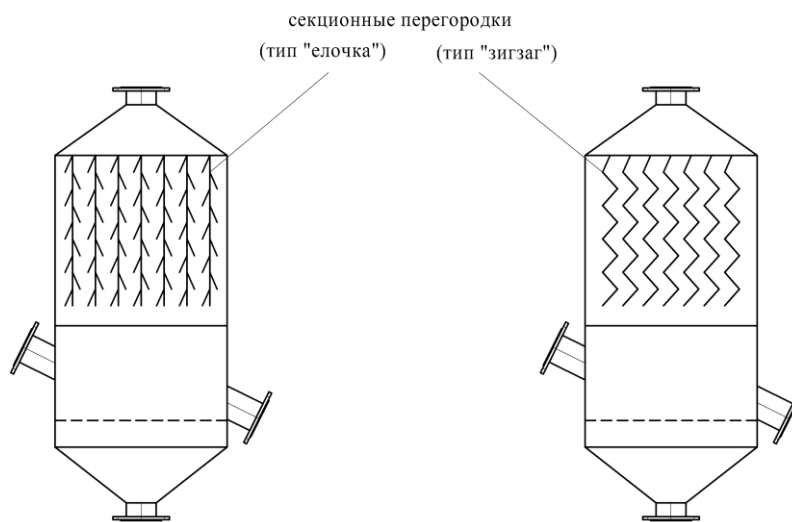


Рисунок 12 – Расположение перегородок в сепараторе псевдооживленного слоя.

1 – корпус; 2 – распределительная решетка.
(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page/13/>).

Классификатор с пересыпными полками.

Данный классификатор представляет собой вертикальный аппарат с установленными внутри наклонными полками (рисунок 13). В полках имеются отверстия для прохода восходящего воздуха.

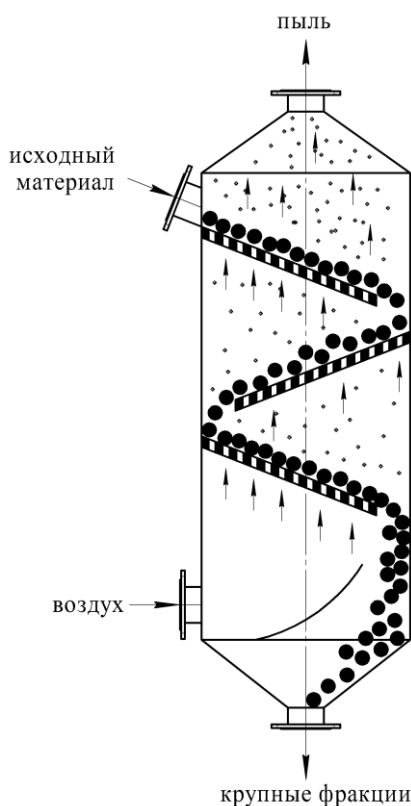


Рисунок 13 – Схема классификатора с пересыпными полками.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page/13/>).

Исходный материал подается на верхнюю полку, откуда под действием гравитационных сил перемещается на нижележащие полки.

Восходящий поток воздуха, проходя через перфорированные полки и слой материала, уносит с собой мелкие частицы (пыль), а оставшиеся крупные частицы скапливаются вниз аппарата. Таким образом происходит разделение исходного материала на крупные и мелкие фракции. Производительность данного классификатора зависит от размера аппарата и расхода воздуха, величина которого ограничена скоростью уноса частиц.

Достоинство такого метода - высокая эффективность благодаря многократной противоточной сепарации. Недостаток - ограниченная производительность.

Уменьшение размеров кусков, частиц. Дробление и измельчение (помол).

Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием и различными комбинациями этих способов. После измельчения, за которым может следовать фракционирование, отходы превращаются в продукты, готовые для дальнейшего использования.

В зависимости от размера кусков исходного материала и конечного продукта измельчение условно делят на несколько классов (таблица 2).

Одним из параметров процесса является степень дробления и измельчения - отношение размеров наибольших кусков исходных твердых отходов и конечных продуктов дробления, измельчения.

Дробление и измельчение могут быть сухим и мокрым.

Для дробления и измельчения твердых отходов на минеральной основе применяют машины, в которых используются способы измельчения, основанные на раздавливании, раскалывании, разламывании, истирании и ударе.

Таблица 2 - Классификация методов измельчения

Класс измельчения	Размер кусков до измельчения, мм	Размер кусков после измельчения, мм
Дробление		
крупное	1000	250
среднее	250	20
мелкое	20	1-5
Помол		
грубый	1-5	0,1-0,04
средний	0,1-0,04	0,005-0,0015
тонкий	0,1-0,02	0,001-0,005
коллоидный	-	0,1 -0,001

Измельчение твердых отходов на органической основе осуществляют в машинах, принцип работы которых основан на распиливании, резании и ударе.

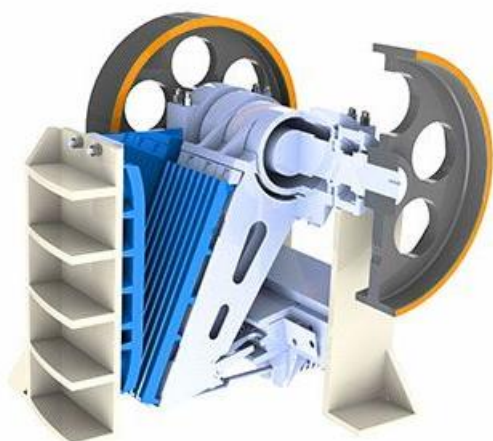
Дробление и измельчение осуществляют с помощью машин, называемых дробилками и мельницами. Классификация основного оборудования для измельчения твердых продуктов следующая:

- измельчители раскалывающего и разламывающего действия (щековые, конусные, зубовалковые и другие дробилки);
- измельчители раздавливающего действия - гладковалковые дробилки, ролико-кольцевые, вертикальные, горизонтальные и другие мельницы;
- измельчители истирающе-раздавливающего действия (гнерковые измельчители, бегуны, катково-тарельчатые, шаро-кольцевые, бисерные и другие мельницы);
- измельчители ударного действия (молотковые измельчители, бильные, шахтные мельницы, дезинтеграторы и дисмембраторы, центробежные, барабанные, газоструйные мельницы);
- ударно-истирающие и коллоидные измельчители (вибрационные, планетарные, виброкавитационные и прочие мельницы; реактроны);
- прочие измельчители (пуансоны, пилы и т.д.).

Для дробления применяют щековые, конусные, валковые дробилки, работающие по принципу раздавливания, и ударные дробилки (молотковые, роторные, дезинтеграторы) (рисунок 14).

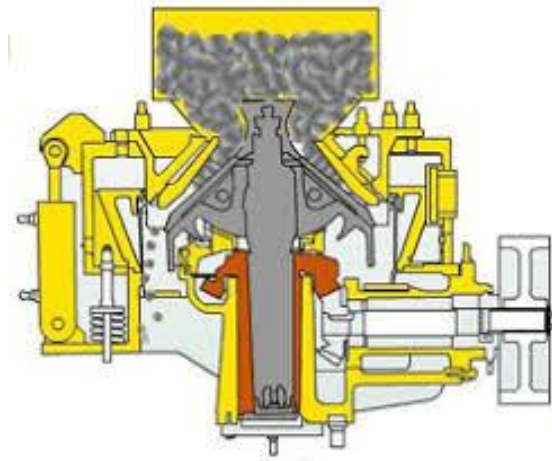
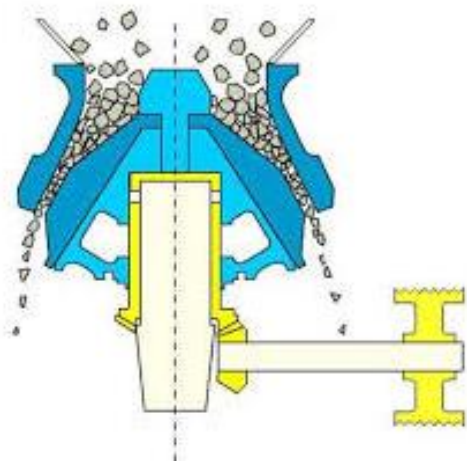
Щековые дробилки периодически раздавливают материал между металлической неподвижной и качающейся поверхностью (щеками). Неподвижная щека устанавливается вертикально, подвижная - под углом к ней.

Конусные дробилки используют на стадиях крупного, среднего и мелкого дробления. Дробящие поверхности их выполнены в виде двух усеченных конусов, меньший из которых расширяющейся верхней частью входит в сужающуюся верхнюю часть большого конуса и эксцентрично движется (но не вращается) в последнем. Максимальный размер загрузочных отверстий конусной дробилки 2000 мм.



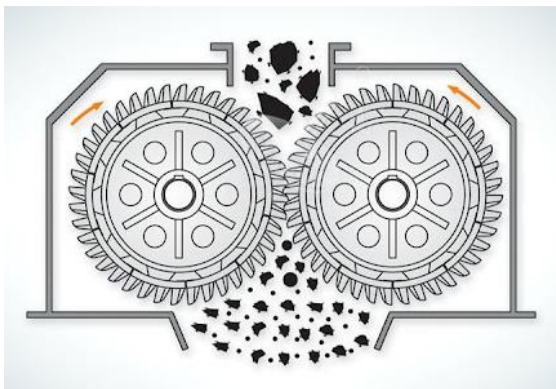
а)

(Источники - <https://gravs.su/products/shchekovaya-drobilka-pe-1500-1800>, <http://www.mpoltd.ru/poleznoe/189-shchekovaya-drobilka-ustrojstvo-printsip-raboty.html>)



б)

(Источники - <http://drobix.ru/drobilki-konusnye/>, <http://www.zrgo.ru/>)



в)

(Источники - <http://drobix.ru/drobilki-valkovye/>, <https://ural-zko.ru/product/drobilno-sortirovochnoe-oborudovanie/drobilki/drobilka-valkovaya/>)



г)

(Источники - <http://drobix.ru/drobilki-centrobezhno-udarnye/>, <http://drobtehnika.ru/oborudovanie/laboratornoe/drobilki-molotkovie-laboratornie/>)

Рисунок 14 - Схемы дробильных машин:

а – щековая дробилка; б – конусная дробилка; в – валковая дробилка; г - ударные дробилки.

Конусные дробилки по высоте (7-10 м) значительно превышают щековые (3-5 м) и требуют более высокого здания. Их конструкция сложнее. Однако они более производительны (до 4500 т/ч руды), менее энергоемки, хорошо приспособлены к дроблению плитняка, который через прямоугольное сечение рабочего пространства щековой дробилки может проскочить без разрушения.

Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления. В них материал раздавливают между двумя вращающимися навстречу друг другу гладкими, рифлеными или зубчатыми цилиндрическими валками с зазором между ними от 1 до 100 мм. Скорость вращения валков варьирует от 0,5 м/с в тихоходных конструкциях до 4-6 м/с, в быстроходных при диаметре валков до 1500 мм и производительности до 250 т/ч. Валки предпочтительнее при дроблении хрупких пород, так как дают минимальное переизмельчение материала. Их используют для дробления агломерата, кокса, марганцевых руд.

Основными параметрами, характеризующими работу валковых дробилок, являются угол захвата α , частота вращения валков, их производительность и потребляемая ими мощность.

Если валки вращаются с различной частотой, то их производительность определяется по средней частоте вращения.

Ударные дробилки молоткового типа разрушают отходы ударами молотков, находящихся на валу вращающегося со скоростью 800-1000 мин⁻¹ барабана. Молотки закреплены шарнирно и при ударе по куску отклоняются. Молотковые дробилки применяют для крупного дробления хрупких и пластичных материалов (известняк, мергель, гипсовый камень, сухая глина, уголь, агломерат и др.).

Шахтная мельница (рисунок 15) представляет собой молотковую дробилку, материал из которой эвакуируется восходящим потоком воздуха. Корпус мельницы монтируется на отдельном фундаменте и соединен с двигателем упругой муфтой. Ротор вращения - в опорно-упорных подшипниках.

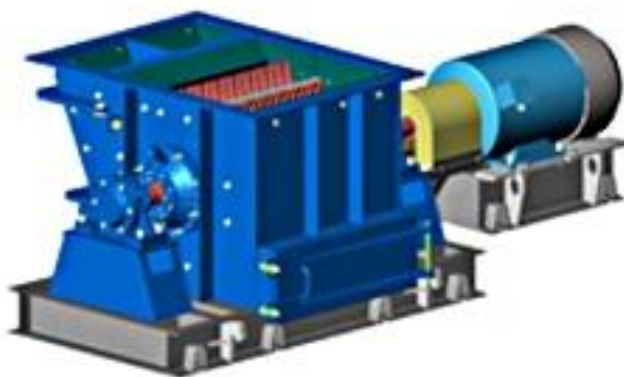


Рисунок 15 – Шахтная мельница.
(Источник - http://samlit.com/melnica_shahtnaya_msm-1000.html).

На роторе шарнирно закреплены билодержатели и билы. Изнутри к корпусу крепятся съемные бронеплиты. Со стороны загрузки в корпусе предусмотрены закрывающиеся люки для ревизии бил и билодержателей.

К достоинству конструкции следует отнести возможность доизмельчения недостаточно измельченных частиц, которые пневматически возвращаются в корпус мельницы. Основная сложность при эксплуатации дробилок и шахтных мельниц связана с необходимостью периодической замены изнашиваемых элементов.

В ряде случаев практикуют жесткое закрепление молотков, что обеспечивает вложение кинетической энергии всего ротора в дробление материала. Дробилки такого типа называют роторными.

Примером универсальной дробилки для промышленных отходов и бытового мусора является роторная дробилка (рисунок 16). Дробилка предназначена для измельчения отходов древесины, пластмасс, обрезков листового алюминия и других металлов, затвердевших лаков и красок, упаковочной тары, резины, обрезков кабелей и т.д.

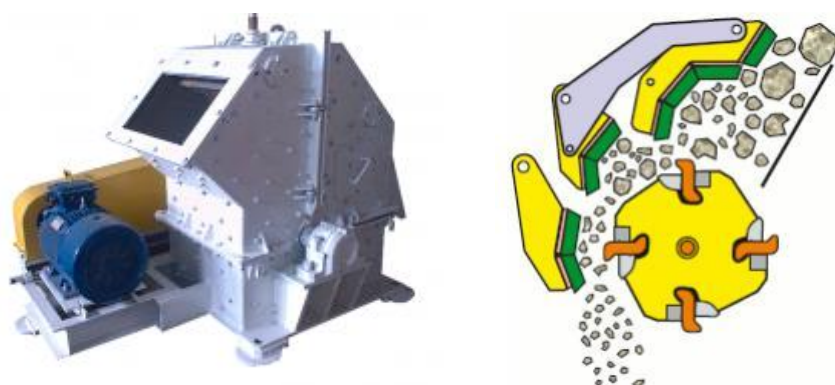


Рисунок 16 – Роторная дробилка.

(Источники - <https://ural-zko.ru/product/drobilno-sortirovochnoe-oborudovanie/drobilki/rotornaya-drobilka/>, <http://drobix.ru/drobilki-rotornye/>).

Молотковые дробилки (рисунок 17) с горизонтальной осью предназначены для измельчения широкого спектра отходов, включая пластмассы, жестяные банки и т.п. Отходы измельчаются в зазорах между молотками и решетками.

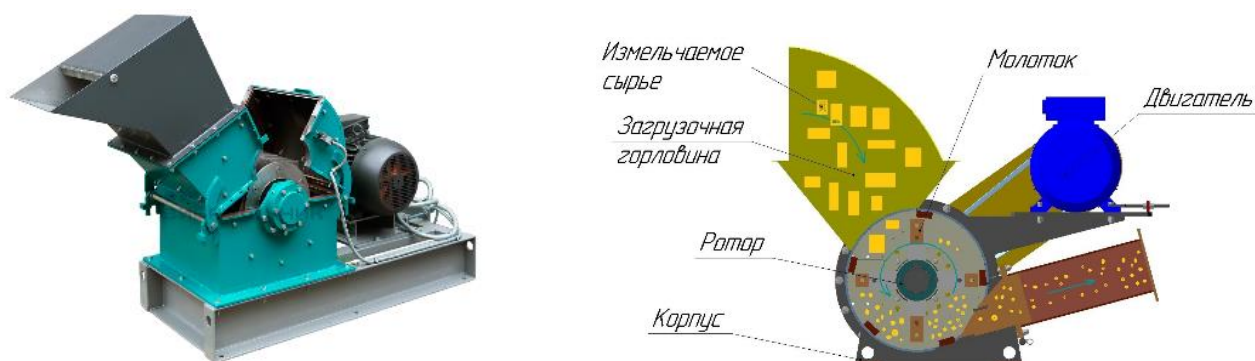


Рисунок 17 – Молотковая дробилка.

(Источники - https://vt-spb.ru/catalog/dlya_drobleniya_i_izmelcheniya/drobilki_molotkovye/drobilka_molotkovaya_md_5x5/, <https://lesvologodchiny.ru/molotkovaya-drobilka/>).

Производительность дробилки 10-15 т/ч.

Дезинтеграторы (рисунок 18) состоят из двух роторов типа беличьего колеса большего (до 1500 мм) и меньшего диаметров. Роторы вставлены друг в друга и соосно вращаются в противоположных направлениях со скоростью до 3000 мин.

Эти аппараты используют для среднего и мелкого дробления хрупких и сравнительно мягких материалов. Ободы дезинтегратора стягивают горизонтально расположенные элементы (пальцы) из прутков круглого сечения или клиновидных.

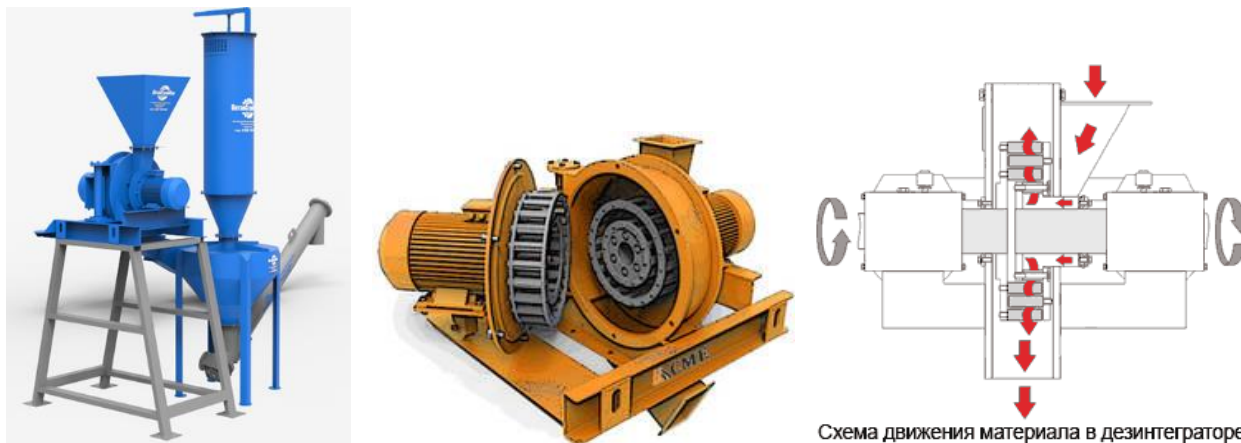


Рисунок 18 – Дезинтегратор.

(Источники - <https://asm.ru/produkcija/dezintegratory/>, <https://flagma.ua/products>, <http://drobix.ru/dezintegratory/>)

Помимо дробления с помощью механических средств нашли применение специальные способы, основанные на различных физических явлениях, в частности разрушение материалов с помощью электрогидравлического эффекта, сжатой средой, декрипацией и др.

Электрогидравлический эффект основан на использовании высоковольтного разряда в жидкости. Значительная тепловая мощность, выделяемая при разряде, приводит к нагреву вещества до десятков тысяч градусов, его испарению и ионизации. Продукты разряда ведут себя подобно газообразным продуктам взрыва. Это приводит к появлению сверхвысоких гидравлических ударных волн, кавитации, ультразвукового излучения, резонансных эффектов, разрушающих материал. В качестве источника электрического разряда служат генераторы импульсов тока с емкостными накопителями энергии.

В настоящее время электрогидравлический эффект применяют в металлообработке (формование трубчатых и полых изделий, деталей из малопластичных материалов), горном деле (бурение, дробление и измельчение), сельском хозяйстве, пищевой промышленности, в процессах химической технологии, в алмазодобывающей и других отраслях промышленности.

Разрушение сжатой средой (взрывом) состоит в создании избыточного давления в кусках дробимого материала, последующей их выдержке под ним и его резком сбросе. Взрывной способ используют для разрушения таких материалов, как уголь, асбест, руда, дерево.

При высоком давлении газообразная среда (пар, воздух) проникает в поры и трещины куска, уже на этой стадии разупрочняя материал за счет адсорбционных процессов в порах, трещинах, плоскостях срастания минералов и образования микротрещин в более слабых участках. При последующем резком сбросе давления газ, расширяясь, разрушает материал.

В используемых для дробления сжатой средой установках исходный материал загружают в камеру, связанную трубопроводом, имеющим клапан, со второй камерой, которую вакуумируют. В первой камере поднимают давление, затем сбрасывают его и одновременно открывают быстродействующий клапан. Разрушаемый материал вследствие разницы давлений в первой и второй камерах разгоняется по трубопроводу и на выходе из него в вакуум-камеру ударяется в отбойную плиту, увеличивая степень дробления, достигающую за один цикл 1,5-3,0.

Более высокая дисперсность в процессе измельчения может быть достигнута при использовании измельчителей (мельниц) других конструкций, которые основаны на ударном, ударно-режущем или ударно-импульсном действии.

Для измельчения применяют мельницы (барабанные, вибрационные, струйные) (рисунок 19) и бегуны (рисунок 20).

Более распространены барабанные конструкции.

В барабанных мельницах измельчение происходит при горизонтальном вращении барабана, внутрь которого загружают материал и мелющие тела - обычно стальные шары, короткие цилиндры или стержни. Внутреннюю поверхность барабана футеруют стальными или чугунными износостойчивыми плитами.

При вращении барабана мелющие тела поднимаются на некоторую высоту и падают, разбивая куски материалов. Для хорошей работы мельницы необходимо правильно выбрать частоту вращения. При слишком большой (критической) скорости вращения дробящие тела центробежной силой прижимаются к стенкам барабана и вращаются вместе с ним, не измельчая полезные ископаемые. При недостаточном числе оборотов мелющие тела перекатываются в нижней части барабана при незначительном эффекте измельчения. Оптимальная скорость составляет 75-80% критической.

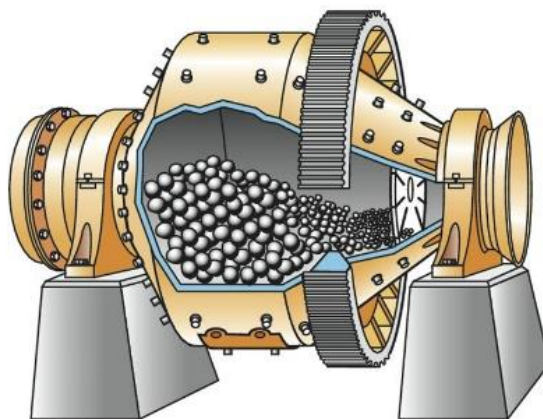
Известны классификации барабанных мельниц по нескольким признакам. В зависимости от вида измельчающей нагрузки их подразделяют на стержневые, шаровые, галечные и самоизмельчения.

Стержневые мельницы используют на стадии грубого, а шаровые - тонкого измельчения. В галечных мельницах дробящим телом является кремниевая галька. Она применяется тогда, когда недопустимо даже небольшое загрязнение измельчаемого материала железом от истираемых шаров или стержней. В мельницах самоизмельчения специальные мелющие загрузки отсутствуют, а материал разрушается при падении и перекатывании его кусков. Крупность материала, образующегося при самоизмельчении, весьма неоднородна, и мельница должна работать в замкнутом цикле.

По форме барабана мельницы делятся на конические и цилиндрические. Цилиндрические шаровые мельницы длиной, в 3-6 раз превышающей диаметр, называют трубными. Последние могут быть одно-, двух и многокамерными. Увеличение числа камер повышает равномерность и степень измельчения материала. Первая, со стороны загрузки, камера заполняется наиболее крупными шарами, следующие - все более мелкими.

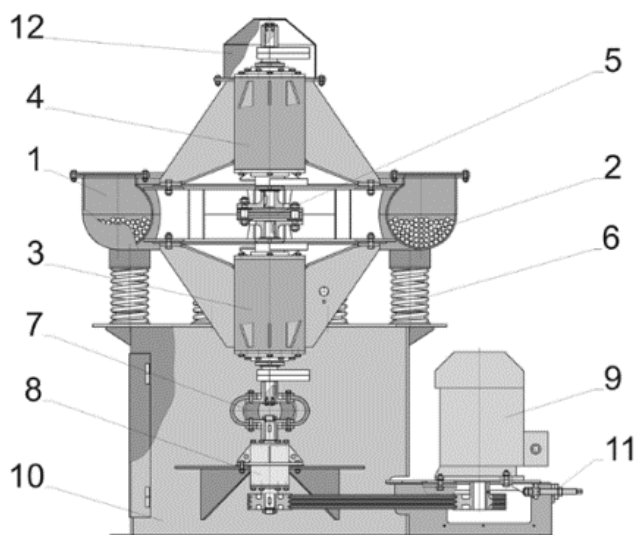
В зависимости от среды, в которой проводят измельчение, различают барабанные мельницы сухого и мокрого помола. При мокром помоле измельчение проводят в жидкой среде (обычно водной), что предупреждает агрегацию тонких частиц,

пыление материала и обеспечивает более равномерный гранулометрический состав готового продукта. Смесью твердых частиц с водой называют пульпой, густоту которой характеризуют отношением масс жидкого и твердого (ж:т) обычно равным 0,40-0,75 или массовым процентом твердого.



а)

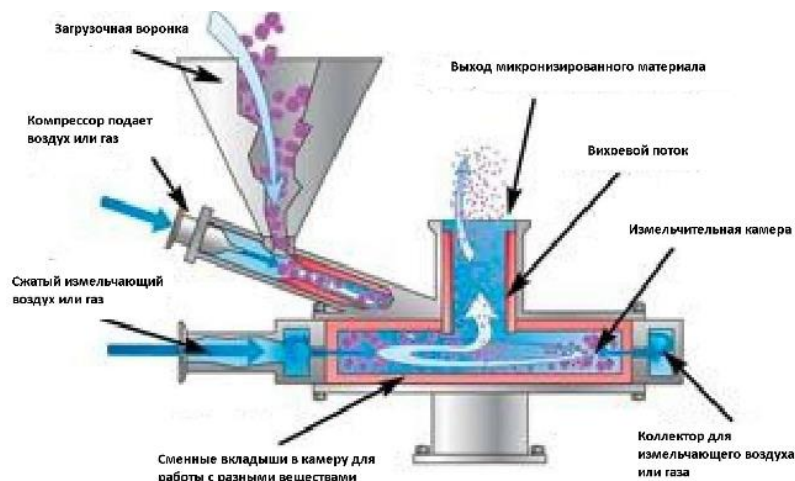
(Источник - <https://zenitrus.ru/barabannaya-sharovaya-melnitsa/>)



б)

1 – помольная камера; 2 – мелющие тела (металлические шары, цельпессы); 3 – нижний вибровозбудитель; 4 – верхний вибровозбудитель; 5 – соединительная муфта; 6 – упругие опоры (пружины, виброизоляторы); 7 – лепестковая муфта; 8 – подшипниковый блок; 9 – электродвигатель; 10 – опорная рама; 11 – натяжное устройство; 12 – защитный кожух;

(Источник - <https://www.vibrocom.ru/device/mills/mv/mvu.htm>)



в)

Рисунок 19 – Мельницы.

а) барабанная, б) вибрационная, в) струйная

(Источники - <https://asm.ru/produkcija/dezintegratory/>, <https://flagma.ua/products>, <http://drobix.ru/dezintegratory/>, <https://tirit.org/articles/strujne-izmelch.php>)



Рисунок 20 – Бегун мокрого типа.

(Источник - <http://www.latermeccanica.it/>)

Воду в мельницу подают через полую цапфу на одном из торцов барабана, а на противоположном конце через цапфу сливают пульпу. При сухом измельчении материал из мельницы разгружают по ее периферии через решетку. Желаемая степень измельчения в обоих случаях достигается регулированием производительности мельницы и массой мелющей загрузки.

По схеме измельчения материала мельницы разделяют на работающие в открытом и замкнутом циклах. В последнем случае производится классификация измельчаемого материала по крупности, и недоизмельченная его часть возвращается в мельницу. Замкнутый цикл обеспечивает большую степень и равномерность помола материала, но снижает производительность оборудования.

Современные барабанные мельницы отличаются крупными габаритами и высокой единичной мощностью. Диаметр и длина барабанов стержневых мельниц достигают 4×11 м, шаровых трубных - 4,5×16 м, шаровые мельницы при сухом измельчении и воздушной классификации материала имеют диаметр до 8,5 м. Производительность стержневого агрегата в открытом цикле - до 9 тыс.т в сутки. Скорость вращения мельницы большого диаметра не превышает 12 мин. Мелющая

загрузка равна 40-50% объема аппарата и представляет собой стержни и шары диаметром соответственно 75-100 и 30-120 мм.

К достоинствам барабанных конструкций относятся высокая степень и легкость регулирования помола, однородность готовой продукции, простота и надежность. Их недостатки - большие расходы энергии и габариты, металлоемкость, значительный уровень шума во время работы.

Вибрационные и струйные мельницы предназначены для сверхтонкого помола материалов (до нескольких микрон и менее).

Принцип действия вибромельницы заключается в том, что материал и мелющие тела загружают в барабан, которому сообщают колебательные движения с ускорением, значительно превосходящим ускорение силы тяжести. Это ускорение передается мелющим телам, что значительно интенсифицирует разрушение материала. Частота колебаний составляет 25-50 мин⁻¹, их амплитуда равна 2-4 мм.

Принцип действия струйных мельниц состоит в самоизмельчении частиц материала, двигающегося с большой скоростью (до нескольких сотен метров в секунду) в воздушном потоке по пересекающимся или встречным направлениям. Их используют в тех случаях, когда недопустимо загрязнение конечного продукта металлическими примесями. Наиболее распространены противоточные струйные мельницы. В них сжатый воздух или перегретый пар поступает по трубопроводу в эжектор, захватывает материал, разгоняет его в трубе и с большой скоростью вдувает в камеру навстречу другому потоку. Измельченный материал передается в сепаратор, из которого мелкая фракция уносится в осадительные устройства и используется, а крупная возвращается на домол. Производительность струйной противоточной мельницы достигает 300 кг/ч.

Измельчение материалов в бегунах является одним из наиболее древних способов. Оно реализуется за счет раздавливающих и истирающих нагрузок, возникающих при качении тяжелых жерновов по твердой кольцеобразной плите. Бегуны используют для измельчения, с одновременным растиранием и перемешиванием, вязких и мягких пластичных масс (сухой и увлажненной глины, шамота, распушки асбеста, приготовления формовочных смесей и т.п.) и для грубого помола (не тоньше 0,1 мм) других материалов. Они могут работать в сухом и мокром вариантах измельчения, непрерывно и периодически, но, как правило, в открытом цикле. Самые мощные бегуны мокрого измельчения имеют катки диаметром и шириной 1800×800 мм, чаши диаметром до 3,6 м в виде кольцевого желоба, скорость вращения 10-15 мин⁻¹, производительность до 43 т/ч.

При необходимости получения особой тонины помола, например, в конечной стадии процесса регенерации лакокрасочных отходов, применяют ударно-истирающие измельчители.

Более тонкую степень помола (порядка единиц или даже долей мкм) можно получить только в коллоидных мельницах различных вариантов.

Как и для дробления, для измельчения, помимо механических средств, используют специальные способы, основанные на различных физических явлениях, в частности на электрогидравлическом эффекте, разрушении взрывом.

Один из недостатков, возникающих при измельчении вязких, упругих и вязкоупругих материалов (резина, некоторые виды термопластов и др.), заключается в

том, что при комнатной температуре энергозатраты на их переработку очень велики, хотя непосредственно на измельчение расходуется не более 1 % энергии, основная же ее часть преобразуется в теплоту.

Поэтому в последние 15-20 лет все большее применение находит техника криогенного измельчения, которая позволяет охлаждать материал ниже температуры хрупкости. Как правило, в качестве охлаждающего агента используют жидкий азот, имеющий температуру - 196°С, что ниже температуры хрупкости большинства полимерных материалов.

При таком способе дробления резко возрастает степень измельчения, повышается производительность процесса, снижаются удельные энергозатраты, предотвращается окисление продукта.

Укрупнение размеров частиц. Гранулирование.

Наряду с процессами дробления и измельчения часто возникает обратная задача – укрупнение порошкообразных материалов с получением готового продукта в виде гранул определенного размера, формы и прочности. Гранулированию могут подвергаться не только порошки, но также расплавы, суспензии и пасты.

Гранулированные материалы обладают следующими преимуществами:

- хорошая сыпучесть и высокая насыпная плотность;
- высокая плотность структуры гранул;
- меньшая пылимость и слеживаемость при хранении и транспортировании;
- более пригодны для процессов автоматизированного и механизированного дозирования, смешивания, транспортирования.

Для гранулирования используют следующие основные методы:

- окатывание порошков в присутствии жидких связующих добавок;
- разбрызгивание расплавов на отдельные капли с последующим охлаждением их при свободном падении в специальных башнях (метод приллирования);
- распыливание суспензий в псевдооживленном слое гранул с одновременной сушкой;
- прессование порошков под большим давлением с последующим дроблением прессата и классификацией продукта.

Выбор конкретного метода гранулирования определяется рядом факторов:

- свойствами исходного материала (порошок, расплав, суспензия);
- требованиями к готовому продукту;
- мощностью производства и др.

Метод окатывания на движущихся поверхностях.

Процесс состоит из нескольких стадий:

- смешивание исходного порошка и частиц ретур (отсев с размером частиц, как правило, менее 1 мм, возвращаемый обратно в цикл (добавляемый к исходному продукту) со связующей жидкостью);
- образование зародышей гранул за счет действия капиллярных сил притяжения между смоченными частицами порошка;
- рост и окатывание зародышей с уплотнением их внутренней структуры за счет сил взаимных ударов и ударов о внутреннюю поверхность гранулятора

сырцовых гранул. Величина сил при взаимных ударах гранул может достигать нескольких десятков атмосфер.

- упрочнение малопрочных коагуляционных контактов частиц внутри гранул за счет сушки и кристаллизации связующей жидкости;

- классификация сухих гранул по размерам. Мелкая фракция возвращается в виде ретура и служит зародышем новых гранул. Крупную фракцию дробят и дополнительно грохотят, а средняя фракция выводится на склад готовой продукции.

Механизм гранулообразования методом окатывания чрезвычайно сложный и многофакторный. Интенсивное гранулирование происходит в строго определенных для каждого материала условиях.

Большое влияние оказывает химический состав и расход связующей жидкости. При недостатке связующего вещества степень гранулирования низка, гранулы плохо окатаны и малопрочны. При чрезмерном увлажнении образующиеся гранулы слипаются друг с другом, с образованием крупных комков.

Большое значение имеют и следующие факторы:

- скорость вращения гранулятора;
- степень заполнения гранулятора материалом;
- угол наклона гранулятора;
- температура и т.д.

В промышленности нашли широкое применение барабанные, тарельчатые (чашевые или дисковые) и лопастные грануляторы.

Барабанный гранулятор.

Данная конструкция представляет собой полый барабан диаметром до 4 м и длиной до 11 м, вращающийся на двух бандажах (рисунок 21).

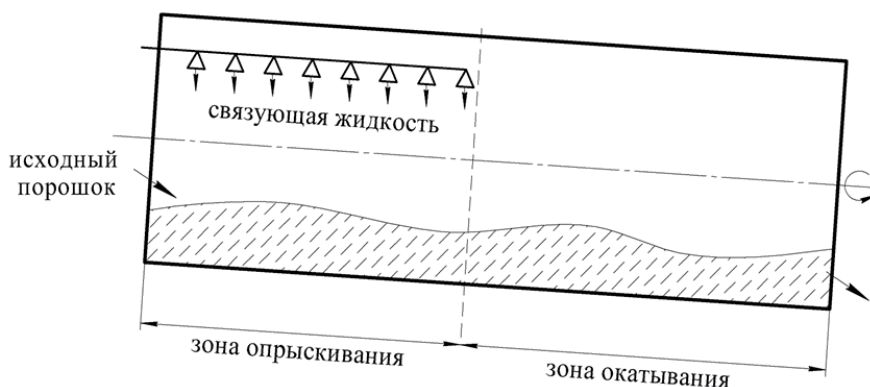


Рисунок 21 – Схема барабанного гранулятора.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:17/>)

Угол наклона барабана составляет от 1 до 3°. Производительность барабанного гранулятора составляет 30-50 т/ч.

Для введения связующего вещества используются различные распределительные устройства: форсунки, труба с распределителем в виде «пилы» и др. С целью уменьшения налипания внутри аппарата предусмотрены очистные ножи (скребки),

а также покрытие внутренней поверхности аппарата гидрофобным материалом (гуммирование).

В зависимости от степени заполнения и частоты вращения барабана различают режим скольжения, челночный, перекаточный и водопадный режим. Наиболее благоприятным является перекаточный режим.

Достоинства - большая единичная мощность (до 80 т/ч); малая чувствительность к колебаниям нагрузки; возможность совмещения гранулирования и химических реакции; герметичность.

Недостатки - громоздкость; полидисперсность получаемых гранул (выход товарной фракции не более 50-65%); сложность визуального контроля над ходом процесса.

Тарельчатый гранулятор.

Основная часть тарельчатого гранулятора – это наклонная тарель диаметром от 0,5 до 7,0 м, снабженная бортом (рисунок 22).

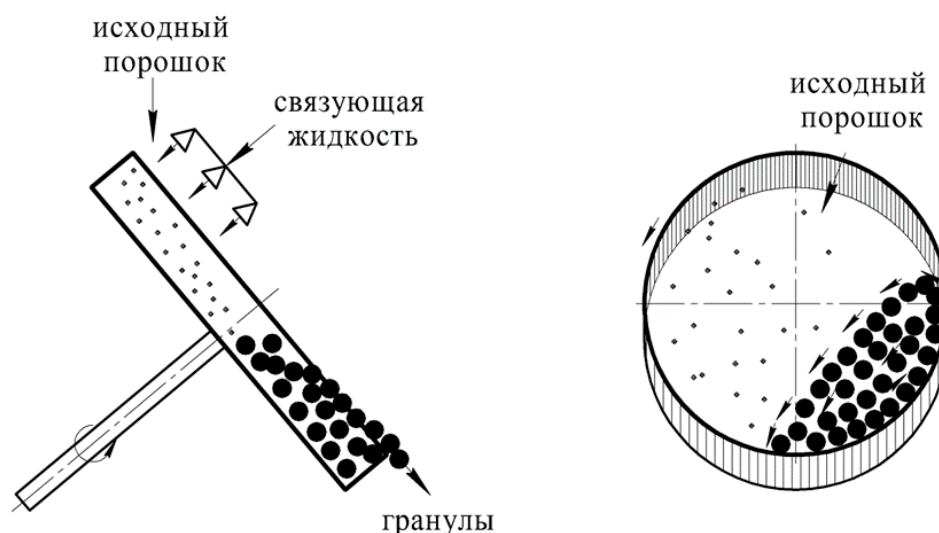


Рисунок 22 – Схема тарельчатого гранулятора.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:17/>)

Высота борта составляет 10-20 % от диаметра тарели. Оптимальные значения угла наклона, частоту вращения и высоту борта тарели устанавливают опытным путем.

Место ввода сухого порошка и связующего вещества определяется требованиями к готовому продукту. Для получения мелких гранул порошок подают в верхнюю часть тарели, для получения более крупных – на дно тарели.

Одновременно с гранулированием в тарели наблюдается эффективная классификация гранул по размерам. Через борт самопроизвольно переваливаются только крупные гранулы, а мелкие остаются в аппарате и дорастают до требуемых размеров. Благодаря этому выход товарной фракции может достигать 90% и более.

Достоинства - большая интенсивность процесса; высокая прочность гранул; однородный гранулометрический состав продукта; меньшая занимаемая производственная площадь; легкость визуального контроля и регулирования.

Недостатки: меньшая единичная мощность (до 30-50 т/ч); большая чувствительность к колебаниям нагрузки и влажности; пылеобразование.

Лопастной гранулятор.

Данная конструкция представляет собой один или два вращающихся навстречу друг другу вала с лопастями (рисунок 23).

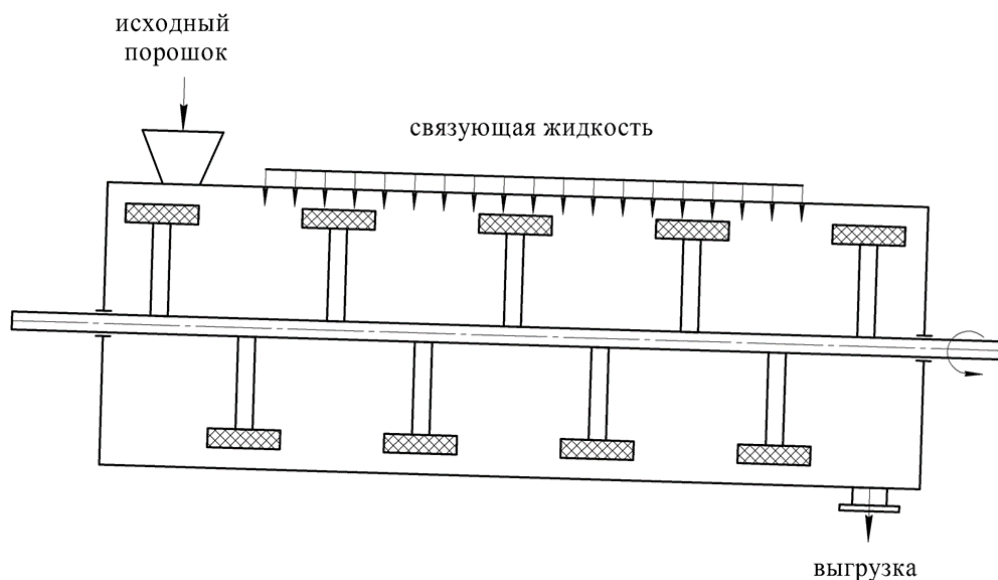


Рисунок 23 – Схема лопастного гранулятора.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:17/>)

Конструкция гранулятора аналогична лопастному смесителю. Угол наклона лопастей устанавливают экспериментально. Окружная скорость вращения лопаток гранулятора составляет 1,0-1,5 м/с. В этих аппаратах создаются хорошие условия для равномерного перемешивания материала со связующим веществом.

Достоинство - готовый продукт отличается высокой однородностью. Недостатки - трудность визуального наблюдения за процессом; налипание материала на лопатки.

Виброгранулятор.

Данная конструкция представляет собой наклонную поверхность (вибростол), закрепленную на упругих элементах. Установленный на ней вибратор придает поверхности колебательное движение (рисунок 24).

Гранулирование происходит в виброкипящем слое материала.

Достоинства - высокая интенсивность процесса; получаемые гранулы однородные и плотные.

Недостаток: малая площадь вибростола, что ограничивает единичную мощность гранулятора.

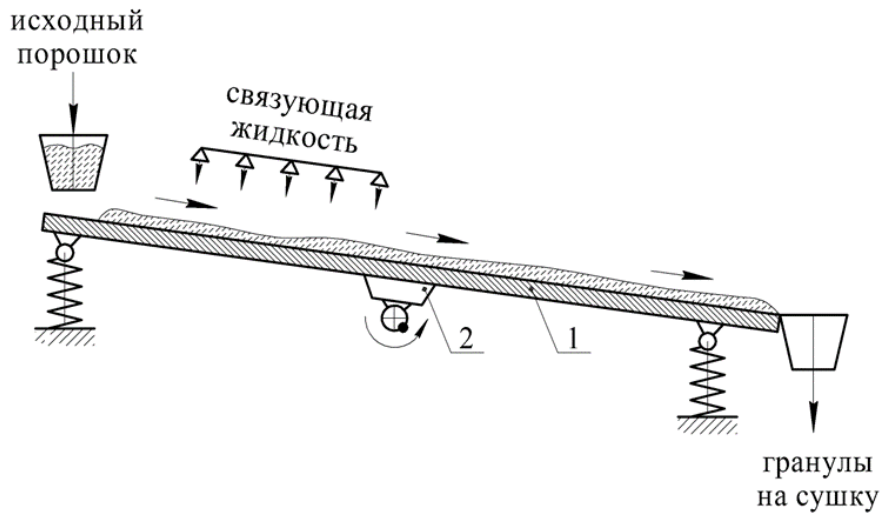


Рисунок 24 – Схема виброгранулятора.

1 – вибростол; 2 – вибратор

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:18/>)

Скоростной роторно-центробежный гранулятор.

Данная конструкция представляет собой цилиндрический вертикальный аппарат с установленным внутри ротором с лопатками, которые располагаются в несколько рядов и имеют возможность регулирования угла наклона (рисунок 25).

Исходный порошок и связующая жидкость подаются в верхнюю часть аппарата. Гранулирование осуществляется в поле центробежных сил в закрученных воздушных потоках.

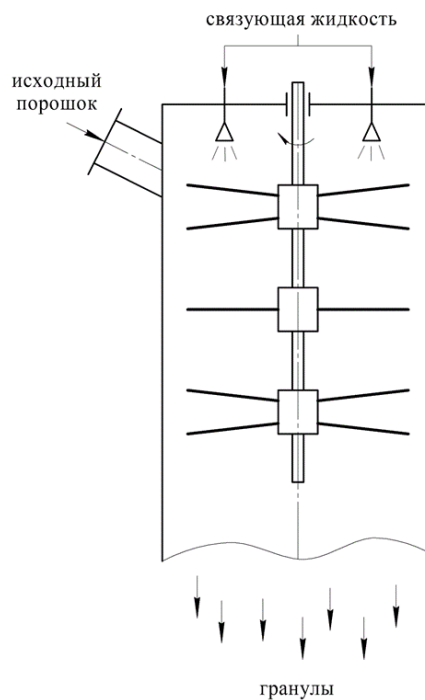


Рисунок 25 – Схема роторно-центробежного гранулятора.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:18/>)

Достоинства - очень большая скорость процесса (2-3 с); компактность.

Недостаток - сложность очистки внутренних поверхностей.

Гранулирование путем разбрызгивания расплавов и охлаждение их во встречном потоке воздуха.

Этот метод широко используется для гранулирования азотных удобрений (карбамида, аммиачной селитры и т. п.), а также в порошковой металлургии и переработке металлооходов. Его суть заключается в разбрызгивании плава при помощи центробежного или статического разбрызгивателей.

В зависимости от температуры плава, данная конструкция представляет собой капитальное сооружение высотой от 30-35 м до 70-80 м (рисунок 26).

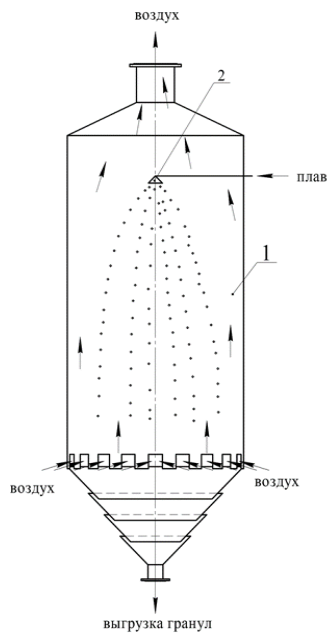


Рисунок 26 – Схема грануляционной башни.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:18/>)

Внизу башни часто устанавливают аэроохладитель псевдоожиженного слоя. При падении капля остывает снаружи и дает внутри усадку (пустоту). Причем эта пустота (каверна) смещена в тыльную часть гранулы, что уменьшает ее прочность.

Для повышения однородности размеров получаемых гранул в последнее время разработаны так называемые «акустические» грануляторы. Суть работы их заключается в воздействии на расплав при разбрызгивании колебаний звуковой частоты. Это способствует более равномерному дроблению струй с получением капель близкого размера.

Недостатком гранулирования в потоке воздуха является громоздкость грануляционной башни. Этот недостаток исключается при разбрызгивании расплава в слой инертной жидкости (например, минеральное масло). Кроме уменьшения капитальных вложений это дает возможность покрывать гранулы масляной пленкой, которая уменьшает их слеживаемость и пылимость.

Гранулирование суспензий и плавов в псевдоожиженном слое гранул с одновременной сушкой

Суть данного процесса заключается в подаче распыленной суспензии или плава в псевдооживленный слой с одновременной сушкой. При этом часть исходного жидкого материала в виде тонкой пленки наносится на поверхность горячих гранул и высыхает. Размеры гранул увеличиваются по так называемому «нормальному» механизму роста. Рост гранул по такому механизму тем вероятнее, чем больше силы адгезии капли жидкости с поверхностью частиц. Адгезионная способность капли зависит от ряда факторов: шероховатости поверхности частиц, свойств распыливаемой жидкости и др.

Другая часть жидкости высыхает, не соприкасаясь с готовыми гранулами, и образует зародыши новых гранул. Образование новых гранул возможно также за счет дробления существующих. Часть мельчайших гранул выносятся в систему пылегазоочистки и возвращается обратно в аппарат.

Часто из псевдооживленного слоя производится селективная выгрузка за счет подачи в выгрузочный тракт небольшого количества встречного потока холодного воздуха (одновременное охлаждение готового продукта).

В случае распыливания суспензии над псевдооживленным слоем высокотемпературным теплоносителем аппарат называется РКСГ, т.е. распылительно-кипящая сушилка-гранулятор (рисунок 27).

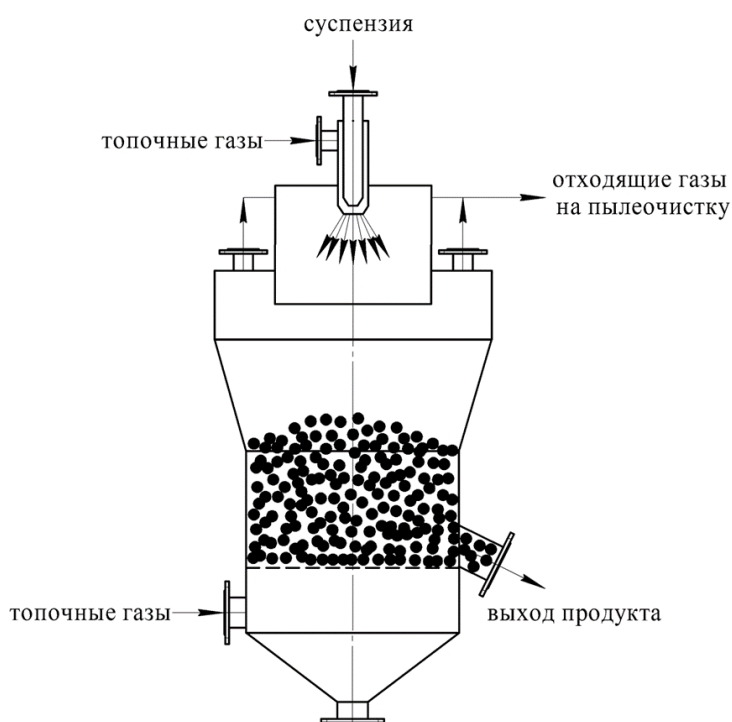


Рисунок 27 – Схема РКСГ.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:18/>)

Достоинства - высокая интенсивность процессов сушки и гранулирования (400-600 кг влаги/м²·ч); совмещение процессов сушки и гранулирования в одном аппарате; высокая прочность и однородность получаемых гранул.

Недостатки - ограниченная единичная мощность установки, связанная с ухудшением однородности псевдооживления на решетках большой площади; необходимость точного регулирования технологического процесса.

Для повышения интенсивности перемешивания гранул с псевдооживленным слое могут служить специальные газораспределительные решетки со струйным псевдооживлением и локальным фонтанированием, а также механические мешалки.

Этих недостатков в значительной степени лишены барабанные грануляторы – сушилки (БГС). Одна из конструкций БГС представлена на рисунке 28.

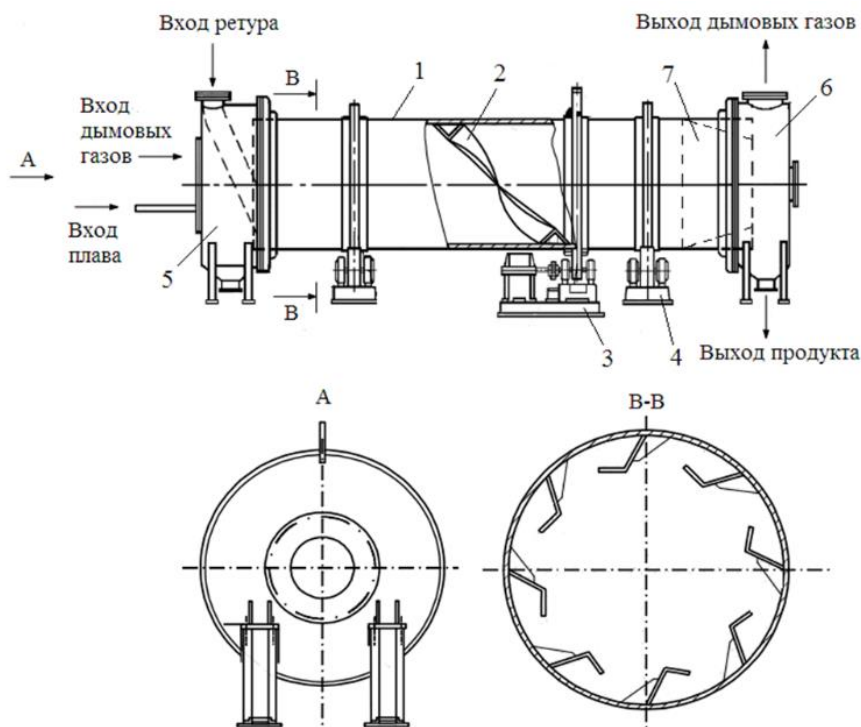


Рисунок 28 – Устройство БГС.

1– корпус барабана; 2 – обратный шнек; 3 – привод; 4 – ролик опорный; 5 – загрузочная камера; 6 – разгрузочная камера; 7 – классифицирующий конус.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:18/>)

В барабане создается падающий слой гранул в виде сплошной завесы при помощи Г-образных лопаток. Основной процесс протекает в так называемой зоне «факел-завеса». Крупные гранулы проходят через классифицирующий конус, а мелкие скапливаются в нижней части этого конуса и подхватываются обратным шнеком и транспортируются в виде внутреннего ретур в начало барабана.

В некоторых аппаратах внутреннего ретур нет, и все мелкие гранулы возвращаются обратно в аппарат в виде внешнего ретур (сферодайзеры) при помощи грохотов, конвейеров и элеваторов.

Гранулирование методом формования (экструзии).

Суть метода заключается в продавливании исходного материала через перфорированную решетку и последующую конвективную сушку гранул (рисунок 29).

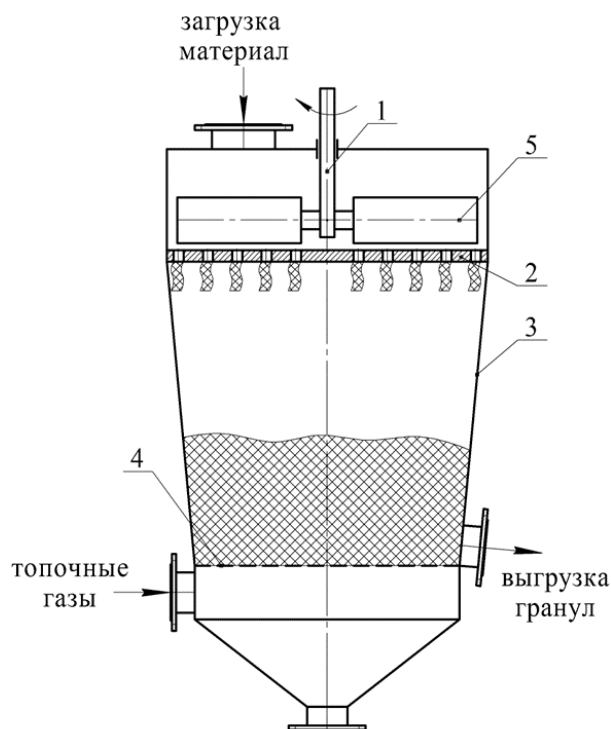


Рисунок 29 – Устройство гранулятора.

1 – вал; 2 – формующая решетка; 3 – корпус; 4 – газораспределительная решетка; 5 – валки.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:19/>)

Для повышения пластичности материал увлажняют и вводят специальные пластифицирующие добавки.

Достоинства - компактность; высокий выход гранул требуемого размера.

Недостатки - неправильная форма гранул; недостаточная прочность гранул.

Гранулирование методом прессования (вальцедробления).

Метод основан на свойстве сыпучих материалов под действием достаточно больших давлений достигать высокой степени уплотнения и агломерирования отдельных частиц за счет межмолекулярных сил притяжения. Возможно также спекание твердых частиц при высоких температурах и давлениях, а также химического взаимодействия.

Процесс прессования можно разделить на несколько стадий. В начале происходят структурные деформации, связанные с ликвидацией пустот и переходом частиц в плотную упаковку. С ростом нагрузки начинаются сдвиговые деформации, сопровождающиеся разрушением исходных частиц, изменением формы и пористости агломератов. В результате увеличивается число контактов и создаются благоприятные условия для межмолекулярного сцепления структурных элементов. При этом могут возникать также электростатические силы.

При дальнейшем повышении нагрузки происходит упругопластическое сжатие. Резко возрастает число контактов и их прочность. Необходимое для этого давление зависит от пластических свойств порошка.

На контактных поверхностях частиц при пластических деформациях возможно образование расплава и спекание частиц. Если пластические деформации у материалов проявляются слабо, то прочность спрессованных плиток незначительна. В

этом случае повышают температуру порошка или вводят специальные пластичные добавки.

Чаще всего прессование проводится между вращающимися навстречу друг другу валками с гладкой или профилированной поверхностью (рисунок 30).

Прессование может проводиться также в таблетировающих машинах в так называемых глухих матрицах.

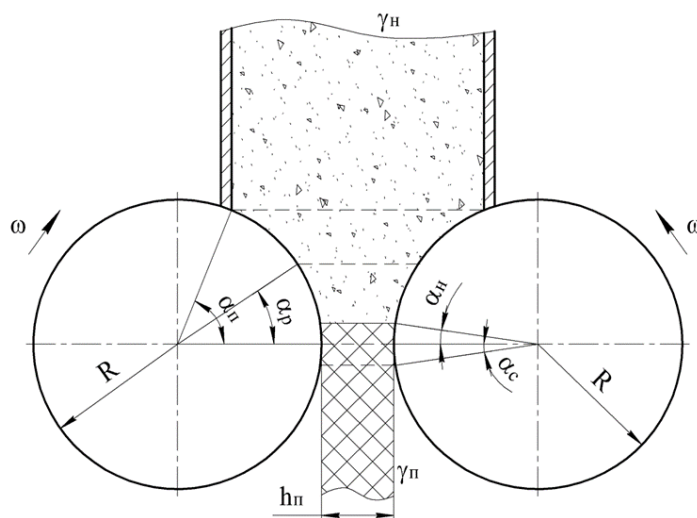


Рисунок 30 – Кинематическая схема прокатки порошка между гладкими валками.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7493544/page:19/>)

Готовый гранулированный продукт получается в результате дробления спрессованной плитки и рассева дробленого материала с отводом товарной фракции. Мелкие фракции материала возвращаются на повторное прессование.

Укрупнение размеров частиц. Таблетирование.

Таблетирование - это одна из технологических операций подготовки сырья к прессованию, формование порошкообразных или волокнистых материалов в заготовки правильной геометрической формы, однородные по размеру и массе. Применяют в тех случаях, когда плавление материала невозможно или нецелесообразно. Получаемые таблетки обычно имеют цилиндрическую или прямоугольную форму.

Уплотнение материала происходит под действием сжимающих усилий, причем удельное давление зависит от природы материала и составляет 50-300 МПа; давление может быть снижено путем предварительного подогрева материала, его увлажнения, использования смазывающих добавок и связующих.

Таблетирование наиболее широко применяют при переработке пластических масс-реактопластов (пресспорошки, волокниты, стекловолокниты), некоторых видов термопластов (фторопласты), а также при изготовлении катализаторов и др. Таблетирование подобно гранулированию, создает дополнительные возможности для использования дисперсных материалов, пыли или мелких отходов, облегчает дозировку веществ, улучшает условия хранения и транспортировки, снижает потери сырья и готовой продукции.

Таблетирование формовочной массы имеет следующие преимущества:

- удаление воздуха, находящегося в насыпной массе;
- обеспечение возможности рентабельного предварительного нагрева;
- оптимальное использование высоты загрузочной камеры в процессе литьевого" прессования.

Осуществляют таблетирование в автоматических таблеточных машинах, технологический процесс в которых включает операции дозирования, прессования и выталкивания таблеток. По виду привода таблеточные машины разделяют на механические (кривошипные и роторные) и гидравлические. При таблетировании полимерных материалов с волокнистыми наполнителями иногда применяют поршневую и шнековую экструзию, что позволяет осуществлять процесс с небольшим подогревом. Существуют различные типы прессов для таблетирования, причем за счет использования разнообразных пресс-форм могут быть изготовлены всевозможные формы таблеток. Таблетирование, как правило, осуществляется при комнатной температуре, и может быть выполнено автоматически практически для всех сыпучих пресс-материалов.

Кривошипная машина представляет собой однопозиционный пресс с приводом от главного коленчатого вала (рисунок 31); имеет сравнительно невысокую производительность и применяется для получения таблеток среднего размера с небольшим разбросом по массе.

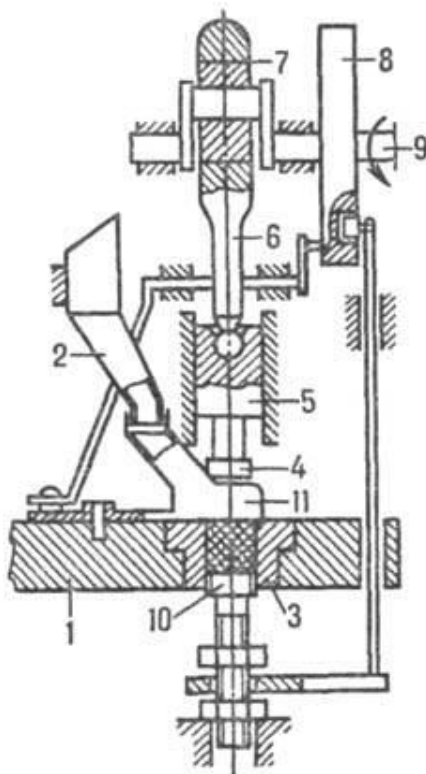


Рисунок 31 – Схема кривошипной таблеточной машины (начало прессования):
1-стол; 2-бункер; 3-матрица; 4-пуансон; 5-ползун; 6-шатун; 7, 8 - эксцентрики; 9-коленчатый вал; 10 - выталкиватель; 11 - загрузочное устройство.

(Источник - <https://www.cnsb.ru/AKDiL/0048/base/RT/000001.shtm>)

Роторная машина-многопозиционный прессавтомат, в котором все операции осуществляются при непрерывном вращении ротора. Пуансоны машины совершают возвратно-поступательное движение, при котором происходят прессование и выталкивание таблеток. Для повышения производительности процесса применяют машины, в которых за один оборот ротора в нескольких формах осуществляется до четырех циклов таблетирования. Полученные таблетки могут значительно различаться по массе.

Гидравлическая машина представляет собой горизонтальный прессавтомат (рисунок 32), состоящий из двух неподвижных плит. Прессование подаваемого из бункера перерабатываемого материала происходит при помощи подвижного пуансона на неподвижном. При таком таблетировании материал дозируется по объему, который регулируется расстоянием между подвижным и неподвижным пуансонами. Конструкция машины позволяет осуществлять двустороннее прессование, изменять массу таблеток, время дозирования, давление и время прессования, скорость выталкивания таблеток. Применяется для изготовления больших (тяжелых) таблеток с минимальным разбросом по массе.

При таблетировании возможна как объемная, так и весовая дозировка, прессовщик же имеет возможность перед подачей сырья в пресс-форму еще раз осуществить весовое дозирование, которое рекомендуется предпринимать в том случае, если таблетки получены со склада или поставляются производителем.

При производстве из промышленных отходов некоторых адсорбентов порошковые материалы таблетуют с использованием машин различных типов, принцип действия большинства из которых основан на прессовании пуансонами дозируемых в матричные каналы порошков.

Получаемые таблетки характеризуются разнообразной формой (цилиндры, сферы, полусферы, диски, кольца и т.п.) и имеют диаметр поперечного сечения 6-12 мм. Производительность наиболее распространенных таблеточных машин составляет от 3 до 96 тысяч таблеток в час.

Существует две общие схемы гранулирования: горячее таблетирование (нарезают горячий материал) и холодное (материал нарезается холодным).

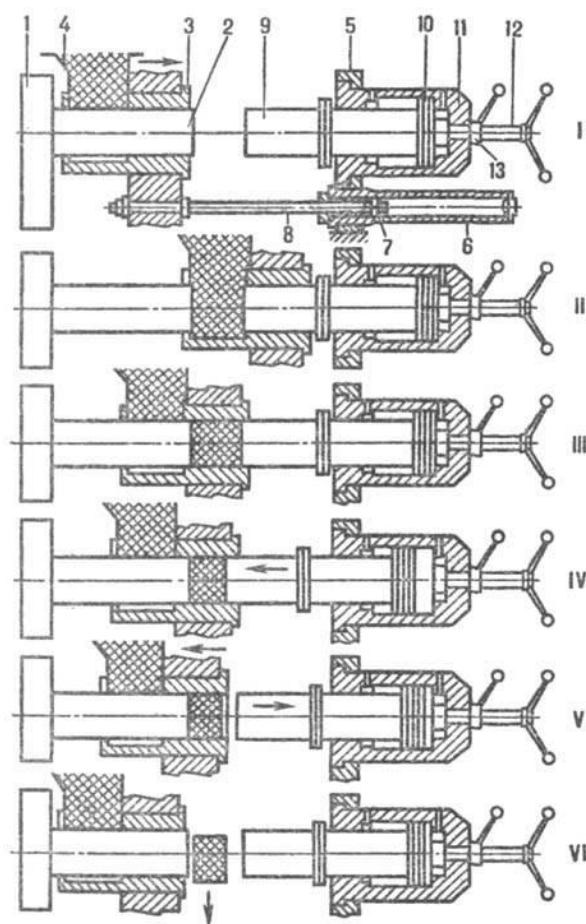


Рисунок 32 – Схема гидравлической таблеточной машины:

I-начало цикла; II-загрузка перерабатываемого материала; III-перемещение материала в матрицу; IV-прессование; V-начало выталкивания таблетки; VI-сброс таблетки в тару; 1, 5-неподвижные плиты; 2-неподвижный пуансон; 3-матрица; 4-бункер; 6-вспомогат. цилиндр; 7,10-поршни; 8-тяга; 9-подвижный пуансон; 11-рабочий цилиндр; 12-винт; 13-контргайка.

(Источник - <https://www.cnsbh.ru/AKDIL/0048/base/RT/000001.shtm>)

На рисунке 33 показан стренговый таблетер, в котором расплавленный материал продавливается через отверстия круглой рабочей поверхности. Полимерные стренги нарезаются на гранулы вращающимся ножом и охлаждаются потоком воздуха. На рисунке 34 показаны три типа таблетеров:

- таблетер с вращающимся ножом, где гранулы охлаждаются водой и воздухом (а);
- таблетер с водяным кольцом (в);
- таблетер водяной (с).

На сегодняшний день производительность горячих грануляторов может составлять от нескольких килограмм до 25 тонн в час. При гранулировании в воде достигается максимальная производительность.

При использовании холодного гранулирования полимер выдавливается через перфорированную пластину в стренги или ленты, которые перед резкой охлаждаются. Холодные грануляторы являются более дешевыми, но в то же время они более трудоемкие. Так как они представляют собой открытые системы, то проявляется тенденция к загрязнению.

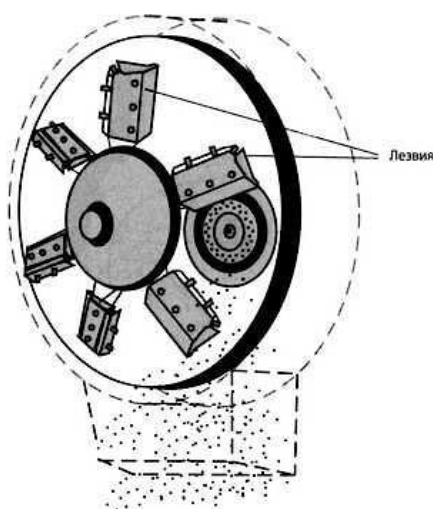


Рисунок 33 – Гранулятор с вращающимся ножом и воздушным высушиванием.

(Источник - <https://ptl.by/index.pl?act=PRODUCT&id=20>)

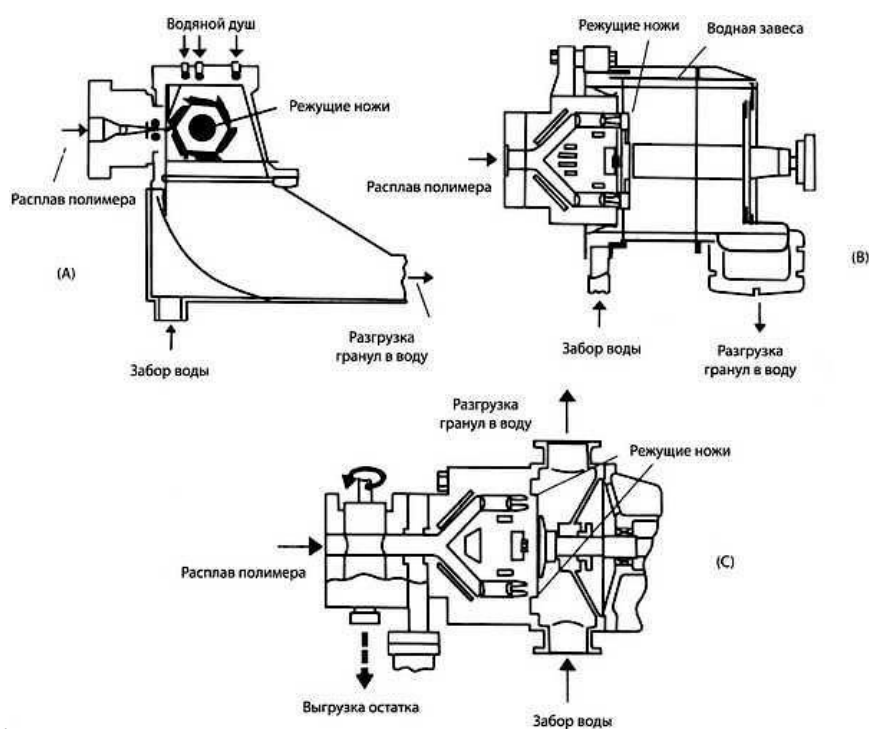


Рисунок 34 – Различные типы грануляторов:

а) гранулятор с ротационным ножом; в) гранулятор с водяным кольцом; с) водяное гранулирование.

(Источник - <https://ptl.by/index.pl?act=PRODUCT&id=20>)

Однако эти системы хорошо подходят для лабораторий и экспериментальных систем.

К недостаткам холодного гранулирования относят высокий шумовой уровень при резке и быстрый износ режущих лезвий.

Для некоторых задач нужно, чтобы материал был в виде мелких гранул либо в виде порошка, например, для спекания, покрытия или ротационного формования, а

также для переработки отходов литьевого и экструзионного производств. Системы, используемые для измельчения материала до гранул или порошка называются pulverizatorami.

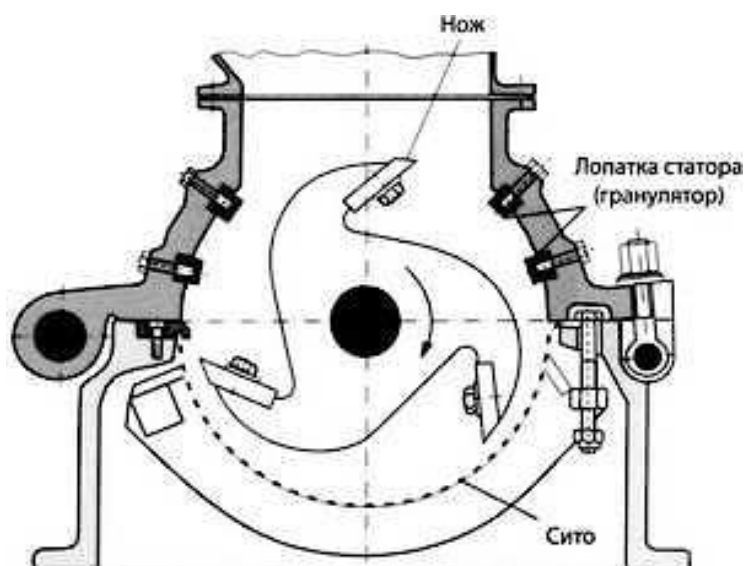


Рисунок 35 – Схема pulverizatora сдвигового типа.

(Источник - <https://ptl.by/index.pl?act=PRODUCT&id=20>)

Такие системы обычно дробят или режут материал. На рисунке 35 показано как отходы пластмасс режутся стационарными и вращающимися ножами до тех пор, пока не проваливаются через сито.

Чтобы избежать перегрева материала за счет фрикционного нагревания, pulverizatory выполняют ступенчатыми с охлаждением жидким азотом.

Такая система показана на рисунке 36.

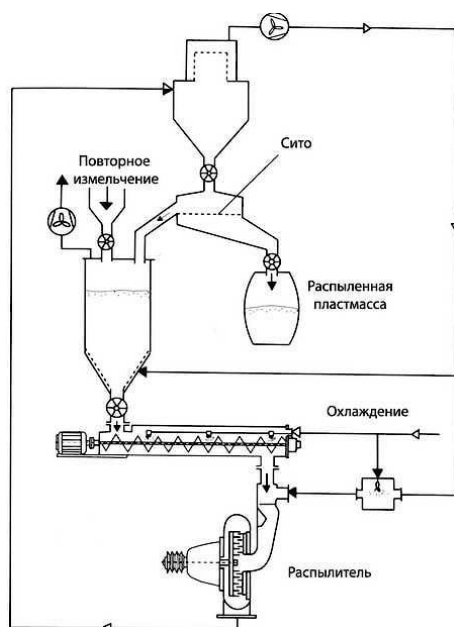


Рисунок 36 – Система охлаждения pulverizatora.

(Источник - <https://ptl.by/index.pl?act=PRODUCT&id=20>)

Укрупнение размеров частиц. Брикетирование.

Брикетирование — это процесс переработки материала в куски геометрически правильной и однообразной формы с одинаковой массой. При брикетировании создаются дополнительные сырьевые ресурсы, а также утилизируются отходы. Производство топливных брикетов из опилок и брикетирование отходов происходит без добавления связующих веществ и без термического воздействия, таким образом, получается чистое вторсырье.

Механизм основной стадии брикетировании следующий:

1. при небольшом давлении происходит внешнее уплотнение материала за счет пустот между частицами;

2. затем уплотняются и деформируются сами частицы, и между ними возникает молекулярное сцепление.

3. высокое давление в конце прессования приводит к переходу упругих деформаций частиц в пластические деформации, вследствие чего структура брикета упрочняется и сохраняется заданная форма.

На качество брикета сильно влияют физико-химические свойства исходного материала, особенно влажность и однородный размер фракции.

Материалы, поддающиеся брикетированию:

- древесная стружка и опилки;
- стружки и отходы цветных и черных металлов;
- металлургические отходы, такие как мелочь железных руд, мелкие и порошкообразные руды цветных металлов, колошниковая пыль доменных печей и др.;
- сельскохозяйственные отходы, такие как сено, пенька, навоз, солома, лузга, скорлупы и др.;
- уголь;
- торф;
- пластик;
- бумага;
- другие материалы.

Брикетизирующие системы широко применяются по всему миру для снижения объемов мелких материалов, что позволяет экономить на складских и транспортных расходах, создает дополнительные сырьевые ресурсы и позволяет утилизировать отходы.

Существующие виды брикетирования:

- брикетирование древесной стружки и опилок;
- брикетирование стружки и отходов цветных и черных металлов;
- брикетирование металлургических отходов, такие как мелочь железных руд, мелкие и порошкообразные руды цветных металлов, колошниковая пыль доменных печей и др.;
- брикетирование сельскохозяйственных отходов, такие как сено, пенька, навоз, солома, лузга, скорлупы и др.;
- брикетирование угля;
- брикетирование торфа;
- брикетирование пластика;

- брикетирование бумаги;
- брикетирование других материалов.

Пресс для брикетирования и другие брикетирующие системы широко применяются по всему миру для снижения объемов мелких материалов, что позволяет экономить на складских и транспортных расходах, создает дополнительные сырьевые ресурсы и позволяет утилизировать отходы.

Переработка древесных отходов.

Брикетиrowание отходов лесопиления и деревообработки является наиболее распространенным способом утилизации отходов и извлечения дополнительной прибыли при организации деревоперерабатывающего производства. Станок для производства брикетов из опилок и других отходов поможет наладить безотходное производство. Процесс брикетирования происходит без добавления связующих веществ и без термического воздействия. В результате брикетирования получается качественное и экологически чистое топливо.

Технология производства брикетов из опилок и брикетирования в целом во многом зависит от качества и влажности сырья. Однородная фракция и влажность сырья до 12% позволяют изготовить брикет высокого качества. Качественные брикеты в 3 раза плотнее древесины, с гладкой и ровной поверхностью без трещин.

Брикеты из опилок и других древесных отходов широко используются для отопления в Европе, и набирают популярность на Российском рынке. Среди множества достоинств брикета следует отметить ряд основных:

- высокая теплотворная способность;
- высокая продолжительность горения;
- экологическая безопасность;
- низкая зольность;
- удобное и компактное хранение и транспортировка;
- возможность длительного хранения;
- автоматизации процесса сжигания.

Переработка отходов металла.

Брикетиrowание отходов металлообработки выгодно как с экономической, так и с экологической точки зрения. В процессе брикетирования металлических отходов происходит отжим СОЖ и масел до минимальных значений, с возможностью их возвращения в производство, повышая экологическую безопасность предприятия, а разница в объеме насыпного материала и брикетов может достигать 20 раз.

Цикл брикетирования отходов металлообработки подразумевает осушение, обезжиривание и брикетирование.

Фракция отходов, не должна превышать 40 мм по длине, в противном случае необходимо доизмельчение сырья.

Однородность фракции сильно влияет на плотность и, соответственно, качество брикета.

В результате брикетирования получается вторсырье с определенной остаточной влажностью, которое мало подвержено естественному окислению и имеет известный химический состав. Выход металла при переплаве брикетов значительно выше, чем при переплаве стружки или других отходов.

Брикетиrowанию поддаются такие материалы как:

- алюминий;
- сталь;
- шлам;
- медь;
- бронза;
- латунь;
- отходы фольги;
- другие материалы.

Экономические и экологические преимущества брикетирования отходов металлообработки:

- преобразование отходов во вторсырье;
- высокая плотность брикета;
- известный химический состав;
- малая поверхность окисления;
- удобная транспортировка и хранение;
- возврата в производство отжатых СОЖ и масел;
- удобная загрузка в печь для переплавки;
- высокий выход металла;
- минимизация выбросов и отложений;
- экологическая безопасность предприятия.

Брикетирование отходов позволяет экономить пространство при их захоронении, поскольку в прессованном виде уменьшается в объеме в 3-4 раза. Чаще всего брикетируют отходы, которые в дальнейшем становятся вторсырьем: макулатура, пластики, металлы, при этом технология позволяет сократить затраты на их транспортировку.

Брикетирование дисперсных материалов проводят без связующего - при давлении прессования, превышающем 80 МПа, и со связующим - при давлении, обычно составляющем 15-25 МПа. На процесс брикетирования дисперсных материалов существенно влияют состав, влажность и крупность материала, температура, удельное давление и продолжительность прессования. Необходимое удельное давление прессования обычно находится в обратной зависимости от влажности материала. Перед брикетированием материал обычно подвергают грохочению, дроблению, сушке, охлаждению и другим подготовительным операциям.

Для брикетирования кусковых отходов используют различные прессовые механизмы. Наибольшее распространение получили штемпельные (давление прессования 100-120 МПа), вальцовые и кольцевые (около 200 МПа) прессы различных конструкций (рисунки 37-39).

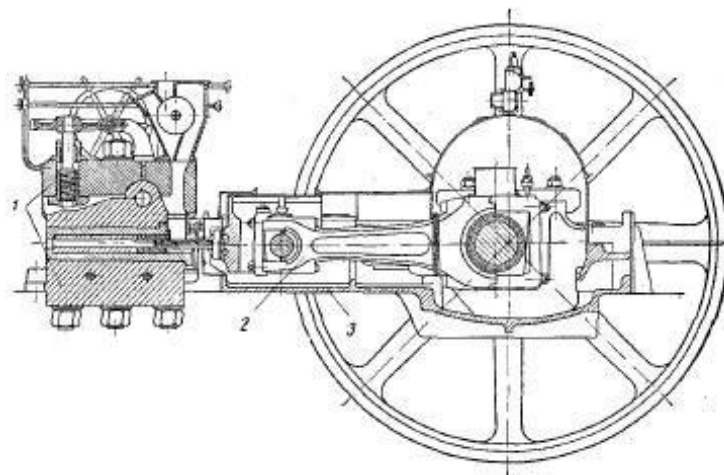


Рисунок 37 – Общий вид штемпельного пресса:
 1 - прессовая головка; 2- прессующий механизм; 3- станина.
 (Источник - <https://terrakolor.ru/gomoe-delo/14977-konstrukcii-shtempelnyh-pressov.html>)



Рисунок 38 – Пресс вальцовый (валковый).
 (Источник - <https://coal-machinery.ru/catalog/valkovye-pressy-dlya-briketirovaniya-ugolnoy-pyli/valkovyy-press-dlya-briketirovaniya-uglya-stxm-500/>)



Рисунок 39 – Пресс кольцевой.
 (Источник - https://www.stanki-zavod.ru/produksiya/oborudovanie_dlya_pressovaniya_plastmass_i_vyipolneniya_pravilno_zapresovochnyh_rabot/press_gidravlicheskiy_dg2434)

Укрупнение размеров частиц. Высокотемпературная агломерация.

Этот метод используют при обработке пылей, окалины, шламов и мелочи рудного сырья в металлургических производствах, пиритных огарков и других дисперсных железосодержащих отходов. Для проведения агломерации на основе таких ВМР готовят шихту, исключаящую твердое топливо (коксовую мелочь в количестве 6—7 % по массе), и другие компоненты (концентрат, руду, флюсы). Шихту усредняют и увлажняют до 5—8 %. Затем ее подают на решетки движущихся обжиговых тележек) агломерационной машины. Высота слоя шихты должна обеспечивать ей оптимальную газопроницаемость. Нагрев и воспламенение шихты обеспечивают просасыванием через нее продуктов сжигания газообразного или жидкого топлива. Процесс спекания минеральных компонентов шихты протекает при горении твердого топлива (при 1100—1600 °С), содержащегося в ней. Агломерационные газы удаляют под разрежением 7—10 кПа.

Спеченный агломерат дробят до крупности 100—150 мм в валковых зубчатых дробилках, продукт дробления подвергают грохочению и последующему охлаждению. Просев грохочения — фракцию с размером частиц менее 8 мм, выход которой составляет 30—35 %, возвращают на агломерацию.

Применяющиеся для высокотемпературной агломерации конвейерные машины с верхним зажиганием шихты производительностью 400—500 т/ч отличаются выделением больших объемов, разбавленных по загрязняющим компонентам (СО, SO₂, NO₂) агломерационных газов. Агломашины с нижним зажиганием в значительной степени лишены этого недостатка.

Процесс спекания железной руды осуществляется первоначально в чашевых установках периодического действия. Продувка спекаемого слоя в чаше снизу вверх связана с рядом технологических неудобств, ограничивающих производительность установок. Главными из них являются высокая запыленность цехов и переход при напоре выше 5 кПа к режиму кипящего слоя. В 1906 г. А. Дуайт и Р. Ллойд предложили принцип вакуумной агломерации с просасыванием воздуха через спекаемый слой сверху вниз. При этом вакуум (до 20 кПа) под колосниковой решеткой создается с помощью отсасывающего вентилятора — эксгаустера. Ход процесса спекания руд и концентратов в чашевой установке, эксплуатируемой, как это принято сейчас, в вакуумном режиме, отражен на рисунке 40. Первым на колосниковую решетку укладывают слой постели — агломерата крупностью 10—20 мм без топлива. Постель препятствует просыпанию шихты через зазоры между колосниками (до 6 мм), уменьшает вынос пыли. Кроме того, слой постели на конечной стадии процесса агломерации предохраняет колосниковую решетку от воздействия высоких температур, повышая ее стойкость и предотвращая приваривание пирога готового агломерата к колосниковой решетке.

В состав агломерационной шихты, кроме пылеватых руд и концентратов, входят также колошниковая пыль, известняк, известь, коксовая мелочь, антрацитовый штыб и возврат — мелкий (<5 мм) недостаточно спеченный агломерат, направляемый на повторное спекание.

После тщательного смешения, увлажнения и окомкования шихта укладывается в аглочашу поверх постели, после чего включают эксгаустер и, подводя к поверхности спекаемого слоя газовую горелку, проводят зажигание шихты пламенем газа

(1200—1300 °С). Под действием вакуума пламя втягивается в спекаемый слой шихты, состоящей из мелких частиц и комков, поверхность которых чрезвычайно велика.

Например, как показывает расчет, при агломерации шихты крупностью кусков около 1 мм суммарная поверхность комков шихты в слое толщиной всего в 10 мм на площади спекания в 1 м² близка к 30 м². Огромная поверхность теплообмена и значительная кажущаяся теплоемкость холодной и влажной агломерационной шихты обуславливают высокую интенсивность теплообмена между шихтой и газом. Последний, двигаясь в шихте на пути 20—30 мм, охлаждается до 800—850 °С, т. е. до температуры ниже температур воспламенения коксовой мелочи в продуктах сгорания, содержащих 5—10 % O₂.

Таким образом, только в этой узкой по высоте зоне (зоне горения твердого топлива) частицы коксовой мелочи нагреты до температуры воспламенения и имеют возможность гореть. Частицы топлива, располагающиеся в шихте ниже изотермы 800—850 °С, не горят, так как еще не нагреты до температуры воспламенения и омываются поступающими сверху продуктами сгорания коксовой мелочи, содержащими всего 3—4 % O₂, а для устойчивого горения коксовой мелочи в газовой фазе должно содержаться не менее 5—6 % O₂. Для зажигания коксовой мелочи достаточно 45—60 с, и зажигательную горелку отводят в сторону.

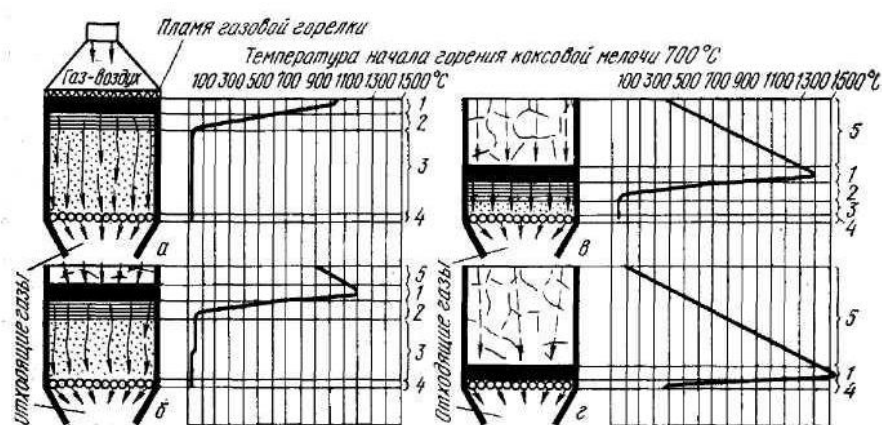


Рисунок 40 – Схематический разрез чашевой агломерационной установки в различные моменты после начала спекания:

а — конец зажигания шихты пламенем газовой горелки (в верхней зоне загорелась коксовая мелочь; под зоной горения зона подогрева шихты); б — через 1—2 мин после окончания зажигания (горелка выключена и отведена в сторону; в чашу засасывается воздух; над зоной горения уже образовался слой готового агломерата); в — через 8—10 мин после начала спекания (зона горения прошла уже больше половины пути до колосниковой решетки; слой готового агломерата с каждой минутой растет); г — перед окончанием процесса (зона горения в крайнем нижнем положении). Показано также распределение температур по высоте спекаемого слоя: 1 — зона горения твердого топлива; 2 — зона сушки и подогрева шихты; 3 — зона сырой шихты; 4 — постель; 5 — зона готового агломерата

(Источник - <https://studfile.net/preview/7225806/page:8/>)

В дальнейшем все необходимое для процесса агломерации тепло выделяется при горении частиц коксовой мелочи в спекаемом слое. Под зоной горения, ниже изотермы 800—850 °С, располагается зона подогрева и сушки шихты (см. рисунок

41), куда сверху поступают продукты сгорания. Здесь частицы твердого топлива постепенно нагреваются и воспламеняются, если в продуктах сгорания содержится достаточное для горения количество кислорода, что равносильно перемещению фронта горения вниз. Поскольку к этому моменту располагавшиеся выше частицы коксовой мелочи выгорают, то зона горения твердого топлива медленно движется к колосниковой решетке, несколько увеличивая свою толщину (см. рисунок 40) и имея перед собой зоны подогрева и сушки шихты. Ниже располагаются зоны сырой шихты и постели. Температура в зоне горения твердого топлива высокая (1200–1500 °С) и достаточная для плавления вещества шихты. После перемещения зоны горения вниз начинается кристаллизация расплава с образованием агломерата. Готовый агломерат, таким образом, есть продукт кристаллизации железистого расплава. По мере движения зоны горения твердого топлива толщина слоя готового агломерата непрерывно увеличивается и к концу процесса агломерат занимает весь объем чаши (см. рисунок 40). Вертикальной скоростью спекания (v , мм/мин) называют скорость движения зоны высоких температур.

На аглофабриках страны в зависимости от газопроницаемости шихты вертикальная скорость спекания колеблется в пределах 20—30 мм/мин. Продолжительность агломерации составляет соответственно 8—12 мин.

Конвейерные агломерационные машины.

Чашевые агломерационные установки периодического действия характеризуются относительно низкой производительностью, так как почти половина рабочего времени при их эксплуатации уходит на загрузку чаш шихтой, зажигание и выгрузку готового агломерата. С изобретением в 1906 г. непрерывно действующей ленточной агломерационной машины строительство крупных чашевых агломерационных установок было сокращено и в настоящее время во всем мире не более 3 % агломерата изготавливается на установках этого типа.

Ход процесса спекания на конвейерных машинах показан на рисунке 41.

Ленточная агломерационная машина представляет собой замкнутую цепь движущихся спекательных тележек-паллет, перемещающихся по рельсам верхней горизонтальной рабочей ветви машины под действием звездочек 12 привода, а по рельсам нижней наклонной (2—3°) холостой ветви машины в перевернутом положении под действием горизонтальной составляющей собственного веса. Захват паллет с холостой ветви и транспортировка их на верхнюю рабочую ветвь машины также осуществляются с помощью звездочек привода. На стальной раме каждой паллеты монтируется три ряда колосников. Таким образом, паллета представляет собой движущуюся колосниковую решетку. Во время движения по рабочей ветви паллеты проходят над вакуум-камерами, соединенными через сборный газопровод 13 с эксгаустером. Специальное уплотнение препятствует прососу воздуха в вакуум-камеры через стык с движущимися паллетами. Спекательные тележки движутся по рабочей ветви машины одна за другой без разрывов или зазоров. Просос воздуха между тележками в вакуум-камеры исключается.

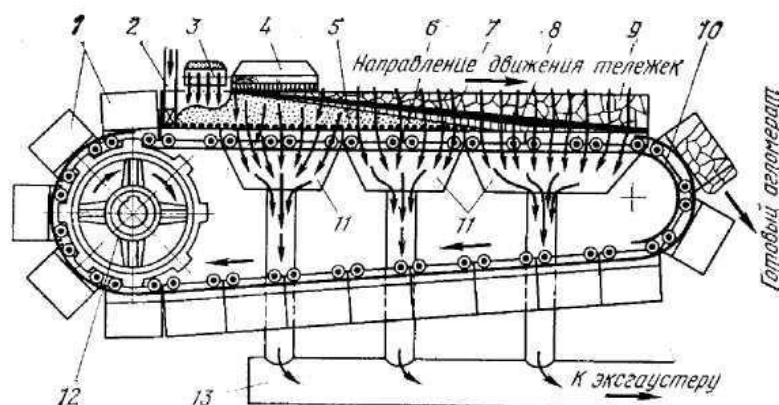


Рисунок 41 – Схема процесса спекания на агломерационной машине ленточного типа:

1 — спекательные тележки-паллеты; 2 — укладчик постели; 3 — челноковый питатель ленты шихтой; 4 — газовый зажигательный горн; 5 — постель; 6 — зона сырой шихты; 7 — зона сушки и подогрева шихты; 8 — зона горения твердого топлива; 9 — зона готового агломерата; 10 — разгрузочный конец машины; // — вакуум-камеры; 12 — ведущая звездочка привода ленты; 13 — сборный газопровод.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7225806/page:9/>)

Таким образом, главная масса воздуха должна при движении паллет над вакуум-камерами проходить через слой шихты, уложенный на рабочей ветви машины. Укладка постели и шихты на движущиеся паллеты производится специальными питателями 2, 3. Зажигание шихты осуществляют с помощью стационарного газового горна 4. Время пребывания паллеты под горном составляет около 1 мин. Теплота зажигания, рассчитанная на 1 м² поверхности спекаемого слоя, составляет 42—50,5 МДж/мин. С момента начала зажигания шихты паллета находится над вакуум-камерами, в которых поддерживается разрежение до 20 кПа. Под зажигательным горном зона горения твердого топлива находится в крайнем верхнем положении. По мере движения паллет зона горения опускается вниз по направлению к колосниковой решетке, проходя весь спекаемый слой за 10—12 мин (в зависимости от высоты слоя и вертикальной скорости спекания). В тот момент, когда зона горения достигает слоя постели, паллета входит в закругление разгрузочной части ленты, образуемое ходовым рельсом и контррельсом, опрокидывается и пирог готового агломерата сбрасывается с паллеты. Сбрасывание сопровождается легким ударом, позволяющим очистить колосниковую решетку от заклинившихся в ней кусочков агломерата, а также сбросить приварившиеся к металлу колосников глыбы агломерата. С этой целью непосредственно за вакуум-камерами создается разрыв непрерывной цепи тележек, что позволяет осуществить удар очередной разгружающейся паллеты о группы пустых перевернутых тележек. Существует, однако, и другая конструкция разгрузочной (хвостовой) части машины. В ФРГ и США в ряде случаев стараются предохранить паллеты от ударов, повышая тем самым длительность их службы. Для этого поворот паллет осуществляется в разгрузочной части машины с помощью тормозных звездочек. В этом случае для обеспечения нормального схода пирога агломерата с паллеты необходимы специальные меры —

плотный слой постели, автоматические приборы для определения степени законченности процесса спекания. Общий вид агломерационной ленты с площадью спекания 75 м^2 показан на рисунке 42.

Время пребывания агломерата на охладителе обычно составляет 40—60 мин при расходе воздуха на 1 т агломерата $5000\text{--}6000 \text{ м}^3$. При этом агломерат охлаждается до $100 \text{ }^\circ\text{С}$, что позволяет затем транспортировать его в доменный цех резиновыми конвейерами.

Насыпная масса агломерационной шихты колеблется от 1,7 до $2,2 \text{ т/м}^3$. Насыпная масса несколько ниже для сидеритовых, бурожелезняковых и сильно офлюсованных шихт.

Вертикальная скорость спекания зависит от газопроницаемости шихты, величина разрежения и других факторов меняется в пределах от 0,015 до $0,33 \text{ м/мин}$.

Выход годного агломерата из шихты обычно не превышает 70—80 %.

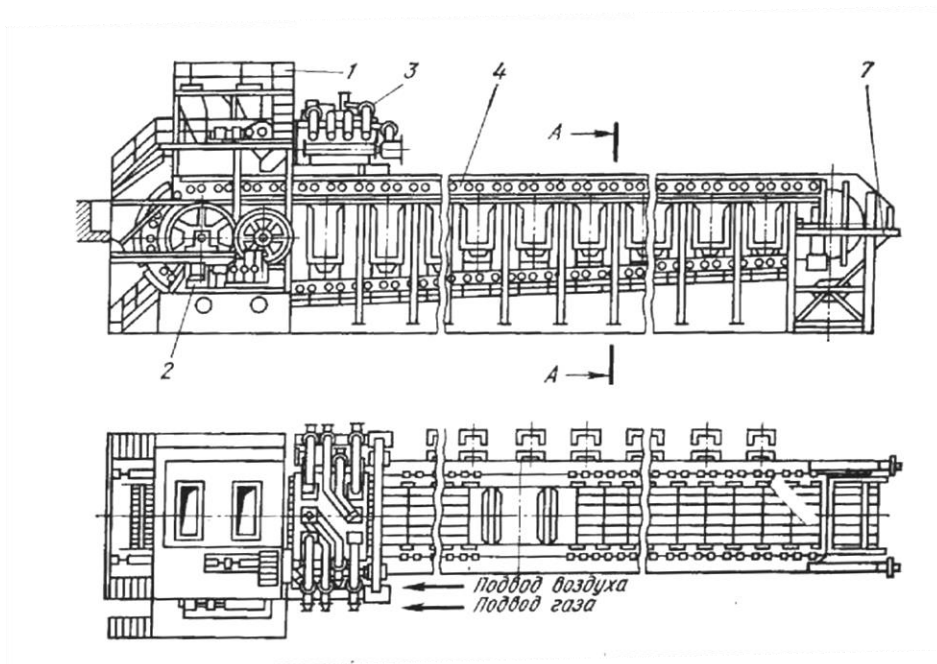


Рисунок 42 – Агломерационная машина конвейерного типа с площадью всасывания 75 м^2 :

1 — питатели постели и шихты; 2 — привод машины; 3 — зажигательный горн; 4 — спекательные тележки-паллеты; 5 — вакуум-камеры; 6 — клапаны для регулирования вакуума; 7 — разгрузочный конец машины.

(Источник - <https://studfile.net/preview/7225806/page:9/>)

Выщелачивание.

Во многих случаях из твердых отходов или из почв не обходимо извлечь ценные или опасные загрязняющие компоненты. С помощью растворителей (экстрагентов), которые растворяют только определенные вещества и не растворяют другие присутствующие вещества. К этому методу извлечения относят растворение и выщелачивание.

Процесс может осуществляться непрерывно и периодически. В качестве экстрагентов используют воду, спирты, простые и сложные эфиры, альдегиды, кетоны, органические кислоты и их соли, а также соли органических оснований.

При выборе экстрагентов учитывают:

- селективность по отношению к целевому компоненту смеси, который необходимо экстрагировать;
- экстракционную емкость по отношению к этому компоненту;
- возможность последующего его извлечения из экстрагента; безопасность работы с экстрагентом;
- стоимость.

На скорость экстракции влияют концентрация экстрагента, размер и пористость частиц отходов, интенсивность перемешивания, температура, наложение различных силовых полей (ультразвуковых, постоянных электрических, электромагнитных, высокочастотных, центробежных и др.) и в некоторых случаях присутствие различных микроорганизмов (бактериальное выщелачивание).

Различают два принципиально разных способа извлечения: экстрагирование растворенного вещества и экстрагирование твердого вещества. В случае экстрагирования растворенного вещества пористый объем твердого тела заполнен раствором целевого компонента, который при извлечении диффундирует за пределы пористого тела в экстрагент. Классический пример - извлечение сахара из свекловичной стружки при ее обработке горячей водой. Экстрагирование твердого вещества происходит, если целевой компонент, заполняющий пористый объем твердого тела, находится в твердом состоянии. При обработке твердого тела экстрагентом диффузионной стадии предшествует стадия растворения целевого компонента. В обоих случаях пористый инертный скелет либо остается в неизменном виде, либо подвергается определенным изменениям.

К основным стадиям экстрагирования относят:

- 1) подготовку сырья и экстрагента (очистка и измельчение сырья, нагревание растворителя);
- 2) непосредственное контактирование твердой и жидкой фаз в аппарате, называется экстрактором;
- 3) разделение системы твердая фаза - раствор (отстаивание, фильтрование, центрифугирование).

Промышленные экстрагенты должны обладать высокой избирательностью, легко регенерироваться и быть сравнительно дешевыми. Таким требованиям отвечают вода, этанол, бензин, бензол, CCl_4 ацетон, растворы кислот, щелочей и солей.

На скорость и механизм экстрагирования существенно влияет структура твердых пористых тел, особенности строения которых определяются их природой и технологической обработкой на стадиях, предшествующих экстрагированию. Такие тела могут обладать изотропной или анизотропной структурой. Изотропные тела имеют одинаковое строение во всех направлениях. Этому условию отвечают тела, состоящие из весьма малых сцементированных между собой частиц, а также тела животного или растительного происхождения, обладающие клеточным строением. При измельчении изотропных тел возможно появление анизотропии. Для анизотропных тел может наблюдаться регулярная анизотропия. Так, в случае

растительных объектов, имеющих систему капилляров, направление вдоль капилляра предпочтительно для диффузионного переноса в сравнении с направлением, перпендикулярным к капилляру. При нерегулярной анизотропии тело можно рассматривать как совокупность емкостей, отделенных одна от другой непроницаемыми перегородками. Особенно неблагоприятно для экстрагирования существование замкнутых областей, изолирующих заключенную в них жидкость от экстрагента.

При взаимодействии твердой и жидкой фаз их состояние изменяется в направлении достижения равновесия, которое характеризуется равенством химических потенциалов извлекаемого вещества в объеме твердого тела и в основной массе экстрагента. При извлечении растворенного вещества это равносильно равенству его концентраций в обеих фазах; условие нарушается, если целевой компонент адсорбируется твердой фазой, тогда равновесие определяется изотермой адсорбции. При извлечении твердого вещества равновесие обусловлено растворимостью целевого компонента, находящегося в контакте с экстрагентом; при полном извлечении твердого компонента его концентрации в основной массе раствора и в пористом объеме выравниваются.

Кинетически экстрагирование подчиняется законам массообмена, конвективной и молекулярной диффузии, а также законам переноса извлекаемого вещества из твердой фазы в жидкую. Движущая сила переноса целевого компонента - разность его химических потенциалов в фазах. На практике для упрощения связи между скоростью процесса и составом материальных потоков движущую силу экстрагирования выражают через переменный во времени градиент концентраций извлекаемого вещества в фазах.

Массообмен при извлечении твердого вещества. Возможны различные варианты распределения твердого целевого компонента по объему частицы; во многих случаях наблюдается равномерное распределение. Вследствие растворения вещества и диффузии его за пределы частицы область, содержащая твердый целевой компонент, при экстрагировании систематически сокращается.

По сравнению с растворением экстрагирование протекает медленнее. Для его интенсификации целесообразны следующие способы:

1. Повышение температуры экстрагента. Приводит к увеличению коэффициента диффузии, что ускоряет извлечение растворенного и твердого веществ; в последнем случае возрастает и движущая сила процесса. При повышении температуры снижается также вязкость экстрагента, вследствие чего уменьшаются потери на прокачку растворителя через слой извлекаемого вещества.

2. Повышение относительной скорости движения фаз. Способствует увеличению коэффициента массоотдачи, что сокращает время экстрагирования (если процесс не лимитируется внутренней диффузией).

3. Интенсивное перемешивание. Приводит к обновлению поверхности контакта твердых частиц с экстрагентом (эффективно при внешнедиффузионном сопротивлении).

4. Повышение давления. Уменьшает объем воздуха, "защемленного" в пористом объеме частиц при погружении твердого вещества в экстрагент, и,

следовательно, восстанавливает нарушенный при этом контакт внутренней поверхности частиц с жидкостью.

5. Подвод энергии (вибрации, пульсации, ультразвуковые и инфразвуковые колебания).

Кроме того, при химических реакциях между веществом и экстрагентом процесс можно ускорить, повышая концентрацию извлекаемого вещества.

Экстрагирование используют:

а) для извлечения соединений редких металлов, урана, серы и др. из руд;

б) для извлечения из пористых продуктов спекания различных веществ (производство глинозема, NaF и т.д.);

в) для выделения органических соединений из растительного сырья в производствах сахара, растительных, эфирных масел, растворимых кофе и чая, лекарственных средств и др.) для образования пористых структур путем добавления и последовательного извлечения растворимого вещества после фиксации структуры (например, в производстве пористых пластмасс, применяемых как изоляционный материал).

Обогащение. Отсадка в тяжелых средах, на столах, на шлюзах.

В практике рекуперации твердых отходов промышленности (особенно минеральных, содержащих черные и цветные металлы, фрагментов деталей вышедшей из строя радиоэлектронной аппаратуры и других изделий на основе металлов и сплавов, некоторых топливных зол, смесей пластмасс, шлаков цветной металлургии и ряда других ВМР) используют различные методы обогащения перерабатываемых материалов, подразделяемые на гравитационные, магнитные, электрические, флотационные и специальные.

Гравитационные методы. Эти методы обогащения основаны на различии в скорости падения в жидкой (воздушной) среде частиц различного размера и плотности. Они объединяют обогащение отсадкой, в тяжелых суспензиях, в перемещающихся по наклонным поверхностям потоках, а также промывку.

Отсадка. Отсадка представляет собой процесс разделения минеральных зерен по плотности под действием переменных по направлению вертикальных струй воды (воздуха), проходящих через решето отсадочной машины.

Отсадке обычно подвергают предварительно обесшламленные широко- или узкокласифицированные материалы оптимальной крупности 0,5—100 мм для нерудных и 0,2—40 мм для рудных материалов. При отсадке крупного материала находящийся на решетке его слой толщиной в 5—10 диаметров наибольших частиц в подаваемом на переработку материале (питании) называют постелью. При отсадке мелкого материала (до 3—5 мм) на решетке укладывают искусственную постель из крупных тяжелых частиц материала, размер которых в 3—4 раза превышает размер наиболее крупных частиц питания. В процессе отсадки материал расслаивается: в нижнем слое концентрируются тяжелые частицы, в самом верхнем — легкие мелкие. Получаемые слои разгружают отдельно.

Отсадочные машины различаются способом создания пульсаций (движением диафрагмы, поршня, решета, пульсирующей подачей сжатого воздуха), типоразмерами, конструктивными особенностями, числом фракций выделяемых продуктов.

Типичная схема технологического комплекса отсадки представлена на рисунке 43.

Обогащение в тяжелых суспензиях и жидкостях. Этот процесс заключается в разделении материалов по плотности в гравитационном или центробежном поле в суспензии или жидкости, плотность которой является промежуточной между плотностями разделяемых частиц.

Тяжелые суспензии представляют собой взвешенные в воде тонкодисперсные частицы тяжелых минералов или магнитных сплавов — утяжелителей, в качестве которых используют ферросилиций, пирит, пирротин, магнетитовый и гематитовый концентраты и другие материалы крупностью до 0,16 мм. В качестве тяжелых жидкостей используют растворы хлоридов кальция и цинка, тетраоксида углерода, тетрабромэтана, хлорного олова и других соединений.

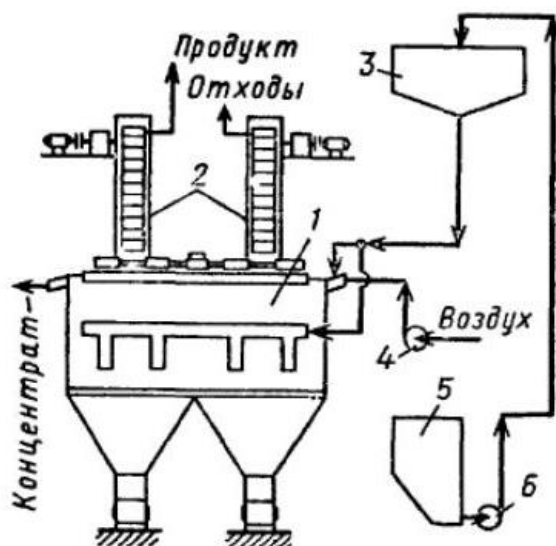


Рисунок 43 – Технологический комплекс отсадки:

1 - отсадочная машина; 2 – элеваторы; 3 – бак оборотной воды; 4 – воздуходувка; 5 – зумпф оборотной воды; 6 – насос.

(Источник - <https://studfile.net/preview/8772248/page:2/>)

Для поддержания устойчивости суспензии в нее добавляют глину (до 3% от массы утяжелителя) или применяют смесь порошков утяжелителей различной плотности.

Наиболее распространенными аппаратами обогащения в тяжелых средах являются барабанные, конусные, колесные и гидроциклонные сепараторы.

Обогащение в потоках на наклонных поверхностях. Эти процессы включают обогащение на концентрационных столах, а также в струйных сепараторах, шлюзах и подшлюзках, в винтовых сепараторах и шлюзах.

Обогащение на концентрационных столах характеризуется разделением минеральных частиц по плотности в тонком слое воды, текущей по наклонной плоской

деке стола, совершающей возвратно–поступательные горизонтальные движения перпендикулярно направлению движения воды.

Деки бывают трапециевидной и прямоугольной формы. На части поверхности дек в продольном направлении закрепляют параллельно располагаемые рифли (планки переменной высоты и длины), длина которых увеличивается от верхнего к нижнему краю стола — краю разгрузки легких продуктов. Пульпу разделяемого материала подают в верхний угол поверхности стола (деки). Питание деки смывной водой ведут с ее верхнего края, ниже места ввода пульпы.

Частицы разделяемого материала большей плотности оседают в межрифленых пространствах и под действием колебаний наклонной деки продвигаются вдоль рифлей, достигая нерифленой части деки, где образуют веер частиц различной плотности, удаляемых отдельно. Не оседающие частицы меньшей плотности переносятся смывным потоком через рифли; их в виде отдельных продуктов отводят с поверхности концентрационного стола.

Один из примеров роли и места концентрации на столах в технологии рекуперации твердых отходов иллюстрируется представленной на рисунке 44 схемой подготовки (обезжелезивания) кварцевого песка для производства хрусталя. Последовательные операции оттирки от песчинок примесей оксидов железа в шаровой мельнице, их отмывки на деке концентрационного стола и магнитной доочистки обеспечивают остаточное содержание железа в продукте менее $(10—12) \cdot 10^{-3}\%$.



Рисунок 44 – Схема обезжелезивания кварцевого песка для производства хрусталя.

(Источник - <https://studfile.net/preview/8772248/page:2/>)

Обогащение на винтовых сепараторах и шлюзах происходит, как и на столах, в небольшой толщины (6—15 мм) потоке пульпы разделяемых материалов, подаваемой в верхнюю часть наклонного желоба (содержание твердого в пульпе 6—40%).

Винтовые сепараторы представляют собой неподвижные вертикальные винтообразные желоба (число витков 4—6) с поверхностью специального профиля. Тяжелые частицы пульпы сосредоточиваются в желобе ближе к вертикальной оси его витков и разгружаются посредством отсекателей в соответствующие приемники. Легкие частицы концентрируются у периферийной части желоба и разгружаются в нижней части сепаратора. Желоб имеет угол наклона к горизонту, характеризуемый величиной относительного шага винта (отношением шага к диаметру), находящейся в пределах 0,4—0,6.

При максимальной крупности частиц обогащаемых материалов 0,2—8 мм и плотности извлекаемых материалов 6—7,5 г/см³ средняя производительность винтовых сепараторов диаметром 0,5—1,2 м находится в пределах 0,3—12 т/ч.

Обогащение предварительно классифицированных и обесшламленных материалов характеризуется лучшими показателями.

Разновидностью винтовых сепараторов являются винтовые шлюзы, характеризующиеся более широкими желобами и меньшими наклонами днищ желобов.

Струйные сепараторы снабжены суживающимся к нижнему концу и устанавливаемым под углом 15—20° желобом или конусом. Пульпу (содержание твердого 50—60%) загружают в верхнюю часть желоба. Сокращение расстояния между стенками желоба от загрузочного конца к разгрузочному приводит к увеличению высоты потока от 1,5—2 до 7—12 мм. Частицы большей плотности концентрируются в нижних слоях потока, а меньшей плотности сосредотачиваются в верхних его слоях. Разделенные потоки частиц поступают в отдельные приемники. Производительность этих аппаратов определяется крупностью и минеральным составом обрабатываемого материала и обычно составляет 0,9—5,5 т/ч на 1 м² рабочей площади желоба. Их можно использовать и для классификации (например, строительного песка).

Шлюзы характеризуются наличием наклонных (3—15°) лотков с укрепленными на их дне трафаретами (бруски, уголки, профилированные коврики, панцирные сетки, ткань) для задержания тяжелых частиц подаваемой в верхнюю часть лотка пульпы перерабатываемого материала. Эти аппараты могут быть неподвижными и подвижными, глубокого (высота потока до 0,4 м для переработки материалов крупностью от 20 до 100 мм и более) и мелкого (высота потока до 0,05 м для материалов крупностью до 20 мм) заполнения. Аппараты мелкого заполнения называют подшлюзками. Легкие частицы пульпы уносятся потоком через трафареты, частицы большей плотности депонируются в межтрафаретных пространствах, после заполнения которых при прекращенной подаче пульпы производят их промывку водой с последующим смывом концентрата в приемник.

Ширина шлюзов обычно составляет 0,5—1,5 м, длина 6—20 м. Пример технологического комплекса обогащения на шлюзах представлен на рисунке 45.

Промывка. Для разрушения и удаления глинистых, песчаных и других минеральных, а также органических примесей твердых отходов часто используют процессы их промывки (отмывки), которые проводят в промывочных машинах разнообразной конструкции (гидромониторы, барабанные грохоты, бутары, вращающиеся скрубберы, корытные мойки, аппараты автоклавного и других типов). В качестве промывочного агента наиболее часто используют воду (в ряде случаев с добавками ПАВ), иногда применяют острый пар и различные растворители.

Помимо описанных гравитационных методов обогащения в практике переработки твердых отходов используют и другие, часто называемые инерционными, которые основаны на различии плотностей компонентов обрабатываемых материалов, а также их упругостей и коэффициентов трения. Некоторые из таких методов представлены на рисунке 46.

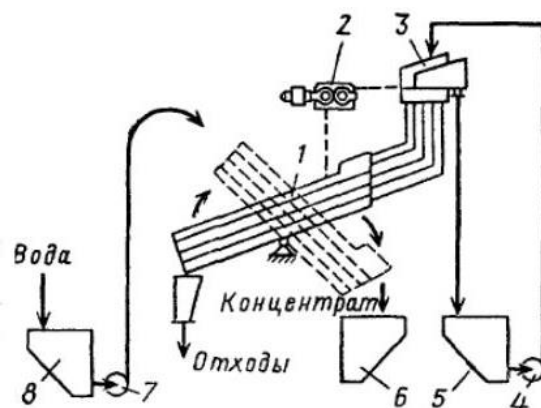


Рисунок 45 – Технологический комплекс обогащения на шлюзах:

1 – шлюз; 2- привод; 3- бак питания; 4,7 – насосы, 5 – зумпф питания; 6- зумпф концентрата; 8 – зумпф смывной воды.

(Источник - <https://studfile.net/preview/8772248/page:2/>)

Флотация. В практике переработки отдельных видов твердых отходов (некоторых шламов, металлургических шлаков, рудных и нерудных компонентов отвалов и т.п.) находит применение метод их обогащения флотацией. Крупность флотируемых материалов обычно не превышает 0,5 мм. Наиболее распространенной является пенная флотация с использованием механических и пневмомеханических машин; пленочную флотацию ввиду ее низкой производительности и масляную флотацию ввиду ее дороговизны используют крайне ограниченно.

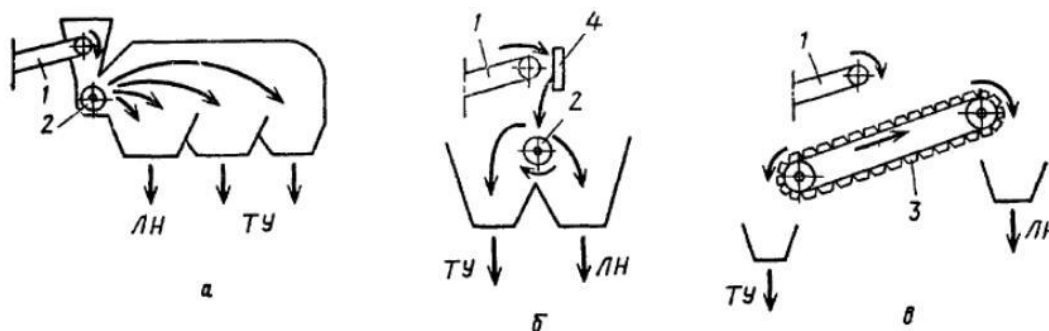


Рисунок 46 – Некоторые приемы разделения смесей твердых отходов:

а, б — баллистической сепарацией; в — сепарацией, основанной на различии коэффициентов трения; 1 — ленточные транспортеры; 2 — роторы; 3 — пластинчатый транспортер; 4 — отражатель; ЛН — фракция легких неупругих материалов; ТУ — фракция тяжелых упругих материалов.

(Источник - <https://studfile.net/preview/8772248/page:2/>)

Обогащение. Магнитная сепарация. Электрическая сепарация.

Магнитные методы. Магнитное обогащение используют для отделения парамагнитных (слабомагнитных) и ферромагнитных (сильномагнитных) компонентов (веществ с удельной магнитной восприимчивостью χ выше 10^{-7} м³/кг) смесей твердых материалов от их диамагнитных (немагнитных) составляющих. Сильномагнитными свойствами обладают магнетит ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), маггелит (Fe_2O_3), пирротин (Fe_9S_8), титаномагнетит, ферросилиций, франклинит, сидерит, слабомагнитные

оксиды железа после их обжига и некоторые другие вещества. Ряд оксидов, гидроксидов и карбонатов железа, марганца, хрома и редких металлов относится к материалам со слабомагнитными свойствами. Различные порообразующие минералы (кварц, полевые шпаты, кальцит и т.п.) относятся к немагнитным материалам.

Подлежащие магнитной сепарации материалы, как правило, подвергаются предварительной обработке (дробление, измельчение, грохочение, обесшламливание, магнетизирующий обжиг и др.). Обычно магнитное обогащение материалов крупностью 3—50 мм проводят сухим способом, материалов мельче 3 мм — мокрым. Технология магнитной сепарации зависит прежде всего от состава подлежащего переработке материала и определяется типом используемых сепараторов. Последние обычно снабжены многополюсными открытыми или закрытыми магнитными системами, создающими различные типы магнитных полей, различаются способами питания (верхняя или нижняя подача материала), транспорта продуктов обогащения (барабанные, валковые, дисковые, ленточные, роликовые, шкивные сепараторы) характером движения обрабатываемого потока и эвакуации магнитных компонентов (прямоточные, противоточные, полупротивоточные) и другими особенностями.

Эвакуируемые из магнитного поля зерна сильномагнитных материалов вследствие остаточной намагниченности могут агломерироваться в разного вида агрегаты. С целью устранения последствий этого явления, называемого магнитной флокуляцией, используют многократное перемагничивание таких материалов в переменном магнитном поле размагничивающих аппаратов.

В процессах переработки твердых отходов широкое применение находят электромагнитные железоделители (шкивные, подвесные, саморазгружающиеся сепараторы), предназначенные для извлечения железных и других ферромагнитных предметов из разрыхленных немагнитных материалов.

Электрические методы. Электрическое обогащение основано на различии электрофизических свойств разделяемых материалов и включает сепарацию в электростатическом поле, поле коронного разряда, коронно—электростатическом поле и трибоадгезионную сепарацию. С их помощью решают задачи обогащения, классификации и обеспыливания как рудного сырья и некондиционных продуктов в металлургии черных, цветных и редких металлов, так и многих неметаллических материалов (тонкодисперсного кварца, формовочных песков, известняка, песка для стекольной промышленности и др.).

Электростатическая сепарация основана на различии электропроводности и способности к электризации трением (трибоэлектрический эффект) минеральных частиц разделяемой смеси.

По электропроводности все минеральные частицы делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики. При контакте частиц обогащаемого материала с поверхностью заряженного металлического электрода всем им сообщается одноименный с ним заряд, величина которого зависит от электропроводности частиц. Электропроводные частицы интенсивно приобретают значительный заряд и отталкиваются от электрода, частицы диэлектриков сохраняют свои траектории.

При небольшой разнице в электропроводности частиц используют электризацию их трением (путем интенсивного перемешивания или транспортирования по

поверхности вибрлотка). Наэлектризованные частицы направляют в электрическое поле, где происходит их сепарация.

Сепарация в поле коронного разряда, создаваемого между коронирующим (заряженным до 20—50 тыс. В и более) и осадительным (заземленным) электродами, основана на ионизации пересекающих это поле минеральных частиц оседающими на них ионами воздуха и на различии интенсивности передачи приобретенного таким образом заряда частицами проводников, полупроводников и диэлектриков поверхности осадительного электрода. Эти различия выражаются в различных траекториях движения частиц.

Трибоадгезионная сепарация основана на различии в адгезии (прилипанию) к поверхности наэлектризованных трением частиц разделяемого материала. Температура процесса сепарации существенно влияет на силу адгезии, которая усиливается или ослабляется электрическими силами, вызываемыми трибоэлектрическими зарядами. Помимо этого, на частицы действуют силы тяжести и центробежные силы, что в совокупности приводит к разделению частиц по вещественному составу и крупности.

Электрические сепараторы классифицируют по характеру электрического поля (электростатические и с коронным разрядом), способу электризации (с электризацией контактным способом, в поле коронного разряда, трибоэлектризацией и др.) и по конструкции рабочих органов (барабанные, камерные, ленточные, лотковые, пластинчатые, полочные и др.).

Подлежащие электрической сепарации материалы обычно подвергают подготовительным операциям (классификации, обесшламливанию, сушке, термообработке при температурах до 300°C). Наиболее эффективно процесс сепарации идет при крупности частиц не более 5 мм.

Наряду с перечисленными процессами обогащения при переработке твердых отходов в ряде случаев используют и отличные от них методы (флотогравитация, сепарация по коэффициенту трения и по форме, отдельные приемы радиометрической и других видов сепарации).

При электростатической сепарации разделение проводится в электростатическом поле, частички заряжаются контактным или индукционным способом. Разделение по электропроводности производится при столкновении частичек с электродом (например, с заряженной поверхностью барабана; электропроводящие частички при этом получают одноименный заряд и отталкиваются от барабана, а неэлектропроводящие не заряжаются). Создание разноименных зарядов возможно при распылении, ударе или трении частичек о поверхность аппарата (трибоэлектростатическая сепарация). Выборочная поляризация компонентов смеси возможна при контакте нагретых частичек с холодной поверхностью заряженного барабана (пироэлектрическая сепарация).

Коронная сепарация проводится в поле коронного разряда, частички заряжаются ионизацией. Коронный разряд создается в воздухе между электродом в виде острия или дрота и заземленным электродом, например барабаном; при этом проводящие частички отдают свой заряд заземленному электроду. Частички также могут заряжаться ионизацией, например, радиационной.

Диэлектрическая сепарация проводится за счет пондеромоторных сил в

электростатическом поле; при этом частички с разной диэлектрической проницаемостью движутся по разным траекториям.

Трибоадгезионная сепарация базируется на различиях в адгезии частичек после их электризации трением. Трение реализуется при транспортировании частичек по специальной подкладке, в кипящем слое при столкновении частичек друг с другом.

Возможны комбинированные процессы электрической сепарации: коронно-электростатический, коронно-магнитный и др. Относительно малая распространенность электрической сепарации объясняется высокой энергоемкостью, необходимостью эксплуатации сложного высоковольтного оборудования (напряжением 20-60 кВ), а также требованием тщательного предварительного просушивания материала, что трудно обеспечить на обогатительных фабриках.

Обогащение. Флотация.

Флотация - широко распространенный метод обогащения полезных ископаемых и твердых отходов. Она основана на различиях в смачиваемости тех или иных минералов.

Процесс флотации протекает по следующей схеме. Тонкоизмельченные твердые отходы в виде пульпы с небольшим количеством специальных реагентов насыщают воздухом. При этом поверхность смачиваемых частиц покрывается водой, а на поверхности несмачиваемых частиц закрепляется пузырек воздуха, вытесняющий с нее воду. Прилипшие к пузырькам воздуха частицы поднимаются (флотируются) на поверхность и образуют пенный продукт, а смачиваемые частицы остаются в пульпе и поступают на дальнейшую переработку или в отвал (хвосты).

Флотация материала пузырьками воздуха называется пенной флотацией. Однако флотацию можно осуществлять не только пузырьками воздуха, но и капельками масла (масляная флотация) и пленками несмачивающих жидкостей (пленочная флотация). Наиболее распространена пенная флотация, рассматриваемая далее.

Разделение минералов флотацией не зависит от их плотности. Так, медный минерал халькопирит плотностью $4,2 \text{ г/см}^3$ флотируется, а кварц плотностью $2,6 \text{ г/см}^3$ не флотируется и переходит в хвосты.

Процесс флотации можно регулировать, воздействуя на поверхность частиц различными веществами, делающими ее более гидрофильной или гидрофобной, усиливающими устойчивость пены, меняющими другие свойства системы. В зависимости от выполняемых функций эти вещества (флотационные реагенты) делят на собиратели, пенообразователи, депрессоры, активаторы и регуляторы.

Собиратели действуют на границе раздела минеральная частица - вода, повышая гидрофобность твердой поверхности. Они делятся на анионные (ксантогенаты), катионные (высшие алифатические амины) и аполярные (масляные). Аполярные собиратели в настоящее время имеют ограниченное применение, но используются в качестве пенообразователей.

Пенообразователи действуют на границе раздела жидкость-воздух и относятся к поверхностно-активным веществам (ПАВ), уменьшающим поверхностное натяжение, что облегчает образование более мелких воздушных пузырьков в пульпе,

замедляет их слияние в более крупные, т.е. способствует образованию прочной и устойчивой пены. Наиболее распространены масляные пенообразователи (сосновое и пихтовое масло) и высшие алифатические спирты.

Собиратели и пенообразователи редко позволяют выделить какой-либо один минерал и обычно способствуют коллективной флотации группы минералов. Чтобы получить ценный минерал в виде отдельного продукта, дополнительно применяют другие реагенты в рамках селективной флотации.

Депрессоры (подавители) избирательно увеличивают смачиваемость поверхности определенного минерала и препятствуют воздействию собирателей на поверхность. В качестве подавителей более распространены цианиды, известь.

Активаторы, например медный купорос и серная кислота, восстанавливают флотируемость депрессированных материалов.

Регуляторы применяют для создания среды с определенными физическими и химическими свойствами, прежде всего оптимального рН, при котором возможно наилучшее действие флотационных реагентов. Обычно для регулирования щелочности или кислотности пульпы применяют известь, соду и серную кислоту.

Один и тот же реагент может принадлежать нескольким из указанных групп, выполняя, например, одновременно роль собирателей и пенообразователей (многие масла и органические растворимые соединения). Известь может быть и подавителем, в частности для пирита, и регулятором.

Флотацию осуществляют в аппаратах, называемых флотационными машинами.

В зависимости от способа образования пузырьков и перемешивания пульпы флотационные машины можно разделить на механические (наиболее распространенные), пневматические и комбинированные (пневмомеханические).

В механических флотационных машинах воздух засасывается импеллером через полую трубу, разбивается на мелкие пузырьки и равномерно распределяется по всему объему пульпы машины.

В пневматических флотомашинах воздух подается в пульпу под давлением через пористое днище ванны машины или через ряд узких трубок, опущенных в пульпу открытыми концами.

В пневмомеханических флотомашинах воздух подводят снизу под импеллер, который разбивает его на мелкие пузырьки и равномерно распределяет по ванне.

На рисунке 47 приведена механическая машина «Механобр» с объемом камеры до 6,3 м³, производительность по потоку до 12 м³/мин. Длина машины, состоящей из ряда камер, достигает 30-40 м.

Из практики флотации известно, что оптимальная плотность пульпы составляет 25-35% твердого, крупность измельченного материала 0,3-0,5 мм, расход реагентов собирателей и пенообразователей 10-200 г/т полезного ископаемого, активаторов 50-1000 г/т, депрессоров и регуляторов 10-10000 г/т.

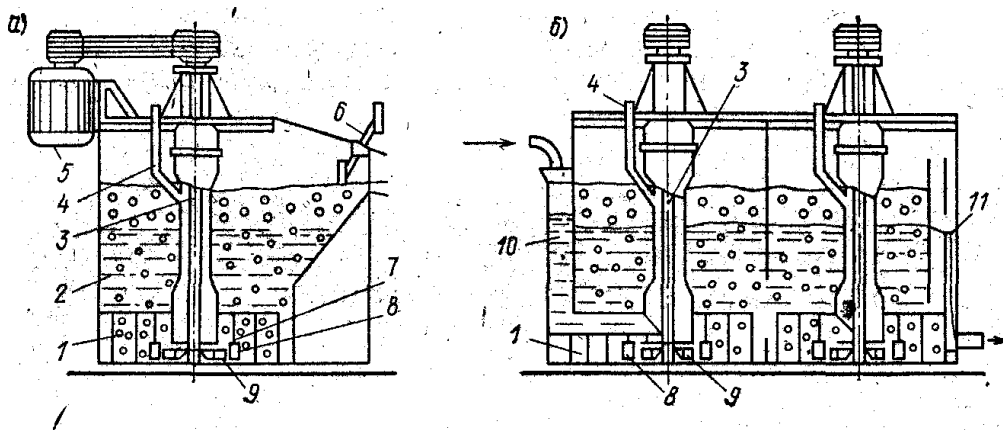


Рисунок 47 – Двухкамерная прямоточная флотационная установка:

а — поперечный разрез; б — продольный разрез; 1 — отбойники; 2 — флотационная камера; 3 — вал импеллера; 4 — воздушная трубка; 5 — электродвигатель; 6 — пеносниматель; 7 — отверстия в ста-торе для внутренней циркуляции воды; 8 — статор; 9 — импеллер; 10, 11 — соответственно приемный и выпускной карман.

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page/22/>)

В результате флотации получают концентраты, содержащие несколько извлекаемых минералов (коллективный концентрат) или по преимуществу только один (селективный концентрат). Соответствующие схемы флотации получили название коллективной и селективной схем.

Сжигание твердых отходов.

Термические методы переработки и утилизации ТБО:

1. Слоевое сжигание неподготовленных отходов в мусоросжигательных установках;
2. Слоевое и камерное сжигание специально подготовленных отходов в виде гранулированного топлива (освобожденного от балластных составляющих и имеющего постоянный фракционный состав) в топках энергетических котлов или цементных печах;
3. Плазмотермические и плазмохимические методы деструкции промышленных отходов;
4. Пиролиз отходов, прошедших предварительную подготовку или без нее;
5. Высокотемпературная газификация отходов.

Сжигание твердых и пастообразных отходов может осуществляться во всех типах печей, за исключением барботажных и турбобарботажных. Наиболее широкое применение получили факельно-слоевые топки. Топки для слоевого сжигания, которые более других используются для сжигания твердых отходов (прежде всего твердых бытовых отходов и их смеси с производственным мусором), классифицированы по ряду других признаков: способам подачи и воспламенения отходов, удаления шлака и т.д. По режиму подачи отходов в слой различают топочные устройства с периодической и непрерывной загрузкой. По организации тепловой подготовки и воспламенения отходов в слое различают топки с нижним, верхним и смешанным (неограниченным) воспламенением. По способу подвода к слою топлива

(отходов) существуют следующие схемы, отличающиеся сочетанием направлений газоздушного и топливно-шлакового потоков: встречные (противоток), параллельные (прямоток), поперечные (перекрестный ток) и смешанные.

Многочисленные исследования горящего слоя топлива (методами зонотрии, надслойного газового анализа, газообразования в слое, распределения температур в слое) позволили условно разделить весь процесс в нем на три основных периода: подготовка топлива (отходов) к горению, собственно горение (окислительная и восстановительная зоны), дожигание горючих и очаговых остатков.

В зоне подготовки отходы прогреваются, из них удаляется влага и выделяются летучие вещества, образовавшиеся в результате нагрева отходов. В кислородной зоне происходит сгорание углерода кокса с образованием диоксида и частично оксида углерода, в результате чего выделяется основное количество тепла в слое. В конце кислородной зоны наблюдается максимальная концентрация CO_2 и температура слоя. Непосредственно к кислородной зоне примыкает восстановительная зона, в которой происходит восстановление диоксида углерода, оксида углерода с потреблением известного количества тепла. Заканчивается процесс горения выжиганием озоленного кокса.

Слоевые топki получили широкое применение для сжигания твердых бытовых и близких к ним по морфологическому составу ПО.

Требуемые обработка и скорость движения слоя во всех зонах горения наиболее просто достигаются при использовании механических ступенчатых колосниковых, а также цепных решеток. В большинстве конструкций шуровка и передвижение мусора происходят за счет движения ступеней наклонной решетки.

Подвижные ряды колосников каждой ступени наклонно-переталкивающей решетки (рисунок 48, а) совершают одновременные возвратно-поступательные движения в направлении перемещения мусора. Частота движения, а также длина возвратно-поступательного движения колосников регулируются индивидуально для каждой ступени.

Обратно-переталкивающая и каскадная решетки относятся к группе переталкивающих с глубокой шуровкой слоя. Эти типы решеток имеют различное конструктивное оформление. Обратно-переталкивающая решетка (рисунок 48, б) набрана из чередующихся поперечных рядов подвижных и неподвижных колосников, причем подвижные ряды колосников совершают возвратно-поступательные движения навстречу спускающемуся слою. Решетка выполнена с наклоном в сторону перемещения слоя.

Каскадные решетки выполняются горизонтальными либо с небольшим наклоном в сторону перемещения отходов, или в противоположную сторону (решетки с обратным наклоном). Перемещение отходов вдоль колосникового полотна осуществляется за счет возвратно-поступательного движения колосников, расположенных под острым углом к направлению перемещения слоя.

Рабочее полотно секторных решеток (рисунок 48, в) составлено из подвижных колосников в форме сектора. Колосники набраны в ряды-секции. Поочередное поворотное движение отдельных колосников вокруг опорной оси, проходящей через вершины секторных колосников, обеспечивает продвижение отходов вдоль решетки.

В желобной решетке (рисунок 48, *г*) регулируются только число и длина ходов. Все решетки, кроме ступенчатой опрокидывающей с гидравлическим приводом, имеют механические приводы.

Шуровка и продвижение слоя осуществляются как движением частей колосниковой решетки, так и разделением всего полотна решетки на части, расположенные уступом, в местах перехода зоны подготовки к сжиганию в зону сжигания, и зоны сжигания в зону дожига.

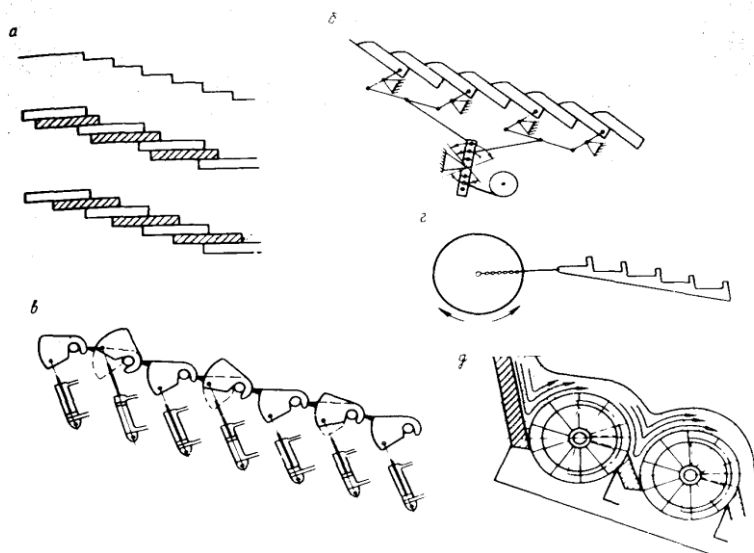


Рисунок 48 – Схема наклонных колосниковых решеток:

а — наклонно-переталкивающая; *б* — обратно переталкивающая; *в* — опрокидывающая; *г* — желобная; *д* - валковая.

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page:23/>)

Такое разделение обеспечивает интенсивное перемешивание мусора, но вызывает повышенный унос золы. Первую часть расчлененной решетки называют подсушивающей, вторую — главной, третью - дожигательной. На рисунке 48, *д* показана схема наиболее распространенной валковой колосниковой решетки.

Барабанные печи - основной вид теплоэнергетического оборудования, которое применяется для централизованного сжигания твердых и пастообразных отходов. Этими печами оснащены станции обезвреживания отходов.

Основным узлом барабанной печи (рисунок 49) является горизонтальный цилиндрический корпус *1*, покрытый огнеупорной футеровкой *2* и опирающийся бандажами *б* на ролики *7*.

Барабан наклонен под небольшим углом в сторону выгрузки шлака и в процессе работы вращается со скоростью 0,8-2 мин⁻¹, получая движение от привода *10* через зубчатый венец *9*. Во избежание продольного смещения барабана предусмотрены ролики *8*.

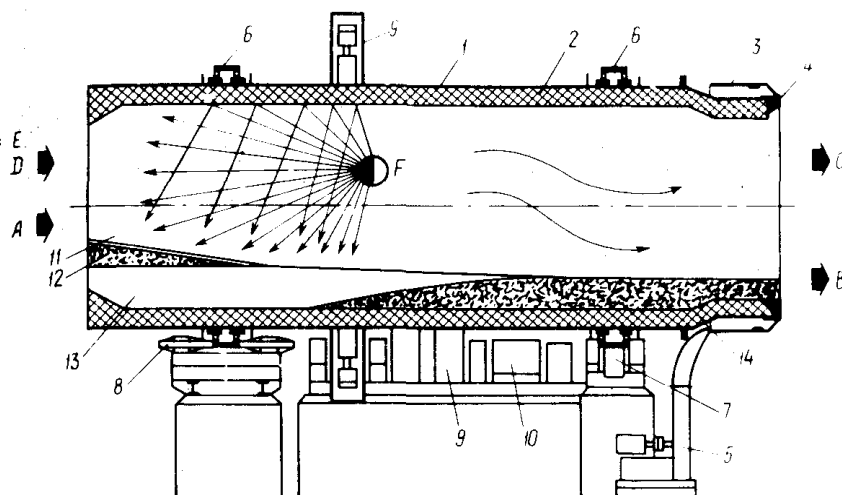


Рисунок 49 - Схема барабанной печи:

A - загрузка отходов; *B* - выгрузка золы (шлака); *C* - дымовые газы; *D* - дополнительное топливо; *E* - воздух; *F* - тепловое излучение; 1 - корпус барабанной печи; 2 - футеровка; 3 - разгрузочный торец; 4 - присоединительные сегменты; 5 - вентилятор; 6 - бандаж; 7 - ролики опорные; 8 - ролики боковые; 9 - зубчатый венец; 10 - привод; 11 - зона испарения воды; 12 - отходы; 13 - зона горения; 14 - зола (шлак).

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page:23/>)

Твердые и пастообразные отходы подаются в корпус печи с ее торца в направлении стрелок *A*. В случае необходимости дополнительное топливо или жидкие горючие отходы (растворители) распыливаются через форсунку (стрелка *D*), повышая температуру внутри печи. В зоне *12* поступивший материал, перемешиваясь при вращении печи, подсушивается, частично газифицируется и перемещается в зону горения *13*.

Излучение от пламени в этой зоне раскаляет футеровку печи и способствует выгоранию органической части отходов и подсушке вновь поступившего материала. Образовавшийся в зоне *14* шлак перемещается к противоположному торцу печи в направлении стрелки *B*, где падает в устройство для мокрого или сухого гашения золы и шлака.

Газы, покидающие печь, могут содержать несгоревшие примеси, поэтому обычно после барабанной печи в схеме установки (рисунок 50) предусматривается камера дожигания. Для очистки отходящих газов предусматриваются скрубберы или электрофильтры.

Печи с псевдоожиженным (кипящим) слоем. Этот метод получил широкое распространение для термического обезвреживания отходов. В печах с кипящим слоем продукт переходит во взвешенное состояние в камере сгорания потоком воздуха, проходящим через слой сыпучего (порошкообразного или дробленого) материала, не перемещаясь по направлению этого потока.

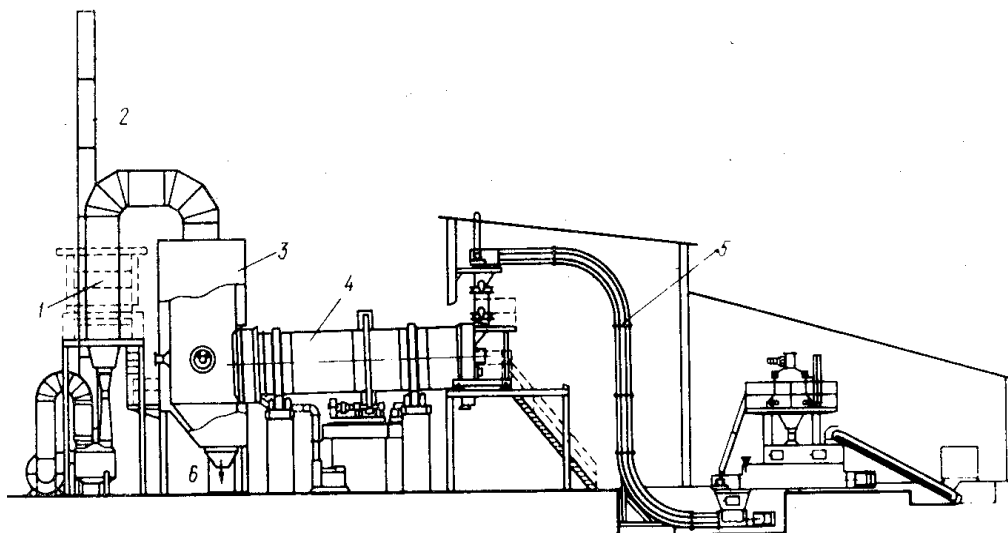


Рисунок 50 - Установка с барабанной печью:
 1 - очистка газов; 2 - труба; 3 - камера дожигания; 4 - барабан;
 5 - подача отходов; 6 - шлак.

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page:23/>)

Скорость газового потока должна быть достаточной для того, чтобы частицы находились во взвешенном состоянии и вихревом турбулентном движении, напоминая поток кипящей жидкости.

В нагретом кипящем слое происходит интенсивный теплообмен между частицами и газом. Теплопередача в кипящем слое в 4 раза выше, чем в неподвижном.

На рисунке 51 показана принципиальная схема печи с кипящим слоем.

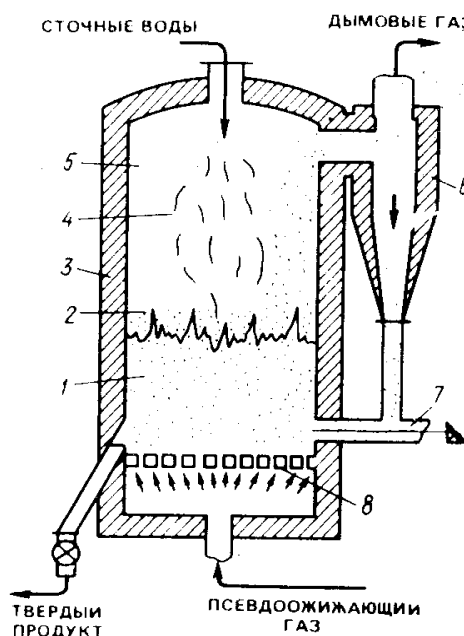


Рисунок 51 - Схема работы печи с псевдоожиженным слоем:

1 - плотная фаза ожиженного слоя; 2 - разбавленная фаза ожиженного слоя; 3 - печь; 4 - распыленный загруженный материал; 5 - камера; 6 - циклонный сепаратор; 7 - труба для возврата материалов; 8 - газораспределительная решетка.

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page:23/>)

Вертикальный корпус печи 3, футерованный огнеупорным кирпичом, имеет внизу газораспределительную решетку 8 провального или беспровального типа. В процессе работы печи под решетку подается псевдоожижающий газ, обычно воздух. Воздух приводит во взвешенное состояние зернистую загрузку, которая распределяется на плотную фазу слоя 1 и разбавленную фазу 2.

Сверху на загрузку через форсунки или дозаторы подаются отходы. Горение осуществляется в камере 5. Вода, попадающая в кипящий слой, почти мгновенно испаряется. Турбулизованная раскаленная поверхность кипящего слоя с движущимися во всех направлениях твердыми частицами не дает образовываться крупным сферическим каплям, мгновенно разрушает их до мельчайших капель, что значительно увеличивает суммарную поверхность испарения. Наличие крупных частиц или слипшихся агломератов шлама создает условия для частичного горения отходов, например нефтеотходов внутри слоя, так как они тонут в слое. Среднее время существования крупных частиц составляет около 30 мин. Дымовые газы, содержащие минеральные механические примеси, очищаются в циклоне 6. Выгрузка пыли производится шнеком 7.

Печи кипящего слоя менее универсальны, чем барабанные и многоподовые и требуют особых условий работы. Кроме того, эксплуатация печей с кипящим слоем на нефтеперерабатывающих предприятиях привела к отрицательным результатам. Главный недостаток состоял в том, что предварительно подогретый до 600°C слой песка периодически остывал до 400-450°C. При такой температуре в слое песка горение прекращалось, шли процессы крекинга и коксования, т.е. газификация шлама, что приводило к образованию коксовых агломератов и закупориванию кипящего слоя. В то же время при правильном выборе объекта обезвреживания и соблюдении технологических режимов печи кипящего слоя работают надежно и эффективно.

Для выбора оптимального метода термической обработки ТБО необходимо сравнение имеющихся технологий по следующим критериям:

- экономическим (уровень капитальных и эксплуатационных затрат);
- технологическим (уровень развития и апробации технологии, надежность оборудования, степень автоматизации процесса, эксплуатационные характеристики, требования безопасности, необходимость подготовки обходов и использования дополнительного сырья - топлива, других компонентов, производство товарной продукции);
- экологическим (количество и токсичность отходов и газовых выбросов, возможность их обезвреживания и утилизации).

Сжигание предварительно неподготовленных отходов и гранулированного топлива.

Наиболее распространенным методом термической переработки ТБО является метод слоевого сжигания неподготовленных отходов в мусоросжигательных установках. При этом помимо обезвреживания отходов можно получить тепловую или электрическую энергию, сократить расстояние между местом сбора отходов и мусоросжигательным заводом, значительно сократить земельные площади, отводимые под захоронение ТБО.

Однако при сжигании отходов выделяются твердые и газообразные вредные вещества, поэтому все современные мусоросжигательные заводы (МСЗ) должны

быть оборудованы высокоэффективными газоочистными устройствами.

Технологическая схема МСЗ показана на рисунке 52.

Мусор, доставляемый на МСЗ, сжигают без какой-либо предварительной подготовки или обработки. При поступлении на завод мусоровозы взвешивают на платформенных автоматических весах. Затем мусоровозы поступают в приемное помещение, где осуществляется выгрузка ТБО в бункер-накопитель. Мусор из бункера-накопителя частями забирает мостовой кран, оборудованный грейферным ковшом.

В приемном отделении поддерживается некоторое разрежение воздуха за счет забора из него дутьевого воздуха для поддержания процесса горения ТБО в котлоагрегатах, что предотвращает выброс неприятных запахов и пыли за пределы отделения.

Мусор из приемного бункера подают в загрузочный желоб питателя печи котлоагрегата до определенной высоты. Емкость желоба образует буферный резерв питания печи.

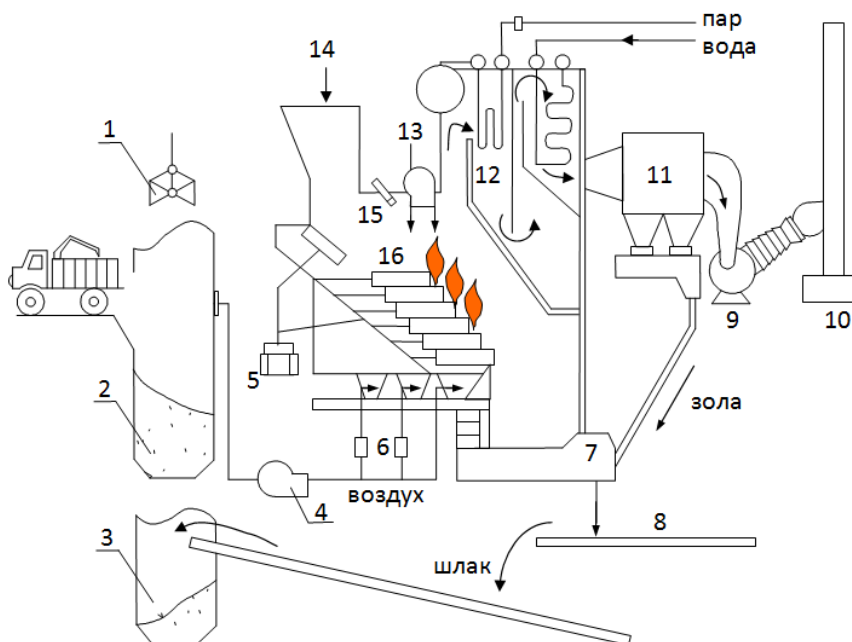


Рисунок 52 - Технологическая схема переработки отходов на мусоросжигательных заводах:

1 – мостовой грейферный кран; 2 и 3 – мусорный и шлаковый отсеки бункера-накопителя; 4 – вентилятор первичного дутьевого воздуха; 5 – станция гидропривода; 6 – паровые калориферы-воздухоподогреватели; 7 – шлакоизвлекатель; 8 – ленточные транспортеры для удаления шлака и золы; 9 – дымосос; 10 – дымовая труба; 11 – электростатический фильтр; 12 – котел-утилизатор; 13 – вентилятор вторичного воздуха; 14 – загрузочный бункер; 15 – растопочная горелка; 16 – колосниковая решетка.

(Источник - <https://studfile.net/preview/2824883/page:5/>)

Образуемая таким образом колонна мусора обеспечивает герметичность между камерой горения и загрузочным бункером. Нижняя часть желоба защищена водяной рубашкой от перегрева в случае подъема пламени.

Питатель распределяет мусор по колосниковой решетке, на которой сжигают мусор. Она является основным элементом печи.

Имеется несколько видов колосниковых решеток. Наибольшее применение получило топочное устройство, оборудованное обратной переталкивающей колосниковой решеткой системы «МАРТИН» (Германия), шириной 3 м и наклоненной под углом 26° к горизонтальной плоскости. Решетка имеет одну или несколько секций, каждая из которых состоит из 13 рядов чередующихся подвижных и неподвижных колосников.

Каждый второй колосник приводится в возвратно-поступательное движение общим устройством управления. Амплитуда возвратно-поступательного движения в направлении решетки снизу вверх составляет около 400 мм, а число циклов может изменяться от 0 до 60 в час.

Перемещение колосников решетки влияет на процесс сжигания мусора, который при каждом цикле медленно перемешивается и раскладывается по поверхности. Таким образом, в начале решетки образуется интенсивное пламя, при котором все стадии сжигания – сушка, возгорание и сжигание – происходят одновременно. Благодаря наличию сильного пламени в начале решетки газы, выделяющиеся на стадии сушки, смешиваются с очень горячими газами горения и сжигания.

Мусор, сжигаемый на решетке, постепенно перемещается вниз, постоянно перемешиваясь. Сжигание мусора завершается приблизительно на $2/3$ длины решетки, а на оставшейся части мусор, превратившийся в шлак, постепенно охлаждается под действием подаваемого в топку воздуха.

Конструкция колосниковой решетки позволяет сжигать отходы с различной теплотой сгорания и большим (до 50 %) содержанием золы при высокой удельной производительности (более 400 кг/(м²ч)). Площадь колосниковой решетки каждого агрегата 20 м², номинальная производительность 8,33 т/ч при теплоте сгорания ТБО 6,3 МДж/кг. Температура в топочном пространстве регулируется автоматически и составляет 800–1000 °С, что обеспечивает выгорание твердых и газообразных горючих составляющих отходов.

Для обеспечения требуемого качества сжигания, т. е. для получения хорошо перегоревшего шлака, его необходимо сразу удалять. Шлак составляет около 25 % по массе от общего количества сжигаемых отходов.

Для удаления шлака используют барабаном с регулируемой скоростью вращения, позволяющий и сглаживать толщину слоя мусора и шлака на решетке, а также удалять шлак в бункер шлакового экстрактора. Горячий шлак падает в бункер, а затем в бак с водой, в котором охлаждается до 80–90 °С. Из бака шлак удаляется толкателем, который проталкивает его в желоб, установленный с обратным уклоном. Конструкция желоба позволяет, с одной стороны, уплотнять удаляемый материал без риска закупорки рабочего сечения желоба, а с другой – стекать избыточной влаги. Таким образом, потери воды за счет ее испарения и поглощения шлаком сводятся к минимуму.

Затем охлажденный шлак по системе ленточных транспортеров проходит через виброполотно, где с использованием с магнитного сепаратора, оборудованного электромагнитом, из шлака удаляют металлические частицы. Металлолом удаляют в специальные емкости, а шлак поступает по ленте в шлаковый отсек бункера-накопителя. Зола из-под воздушного короба и из бункеров котла удаляется вместе со шлаком.

Для обеспечения процесса горения отходов подают воздух, нагнетаемый вентилятором первичного дутья через короб, установленный под решеткой и состоящий из нескольких отсеков или зон. Каждая зона подачи воздуха под решетку обеспечивает впуск определенного количества воздуха под решетку и в слой мусора для обеспечения горения; сбор и удаление мелких частиц, просеивающихся под решетку.

В нижней части в подрешеточной зоне установлены воронки асимметричной формы, которые предназначены для сбора и удаления просева.

Дополнительно воздух подается вентилятором вторичного дутья под высоким давлением через сопла, расположенные на передней и задней стенках камеры горения, для полного сжигания газов в нижней части камеры сжигания.

Полученные при сжигании ТБО тепловая энергия и пар могут быть использованы на нужды централизованного теплоснабжения. Для снижения капитальных затрат рационально совмещать на одной площадке мусоросжигательную и промышленно-отопительную котельные. Поэтому целесообразно проектировать комбинированные котельные, имеющие как котлоагрегаты, сжигающие энергетическое топливо, так и котлоагрегаты, в топках которых сжигают ТБО. Таким образом, ТБО можно рассматривать как нетрадиционные виды топлива.

По прогнозам специалистов слоевое или камерное сжигание специально подготовленных отходов в топках котлов или цементных печах в ближайшее время получит широкое применение. В США и Великобритании с 70-х гг. проводятся работы по переработке отходов в гранулированное топливо «RefuseDeringFull» (RDF), которое длительное время можно хранить и транспортировать на относительно большие расстояния и при сжигании, которого негативное воздействие на окружающую среду значительно меньше. Однако теплотехнические свойства топлива, получаемого этими странами различны. Так, в США за счет высоких капиталовложений стремятся получить высококачественное топливо, а в Великобритании создают простые дешевые способы получения RDF среднего качества. В США экономичны установки производительностью 1000 т/сут и выше перерабатываемых отходов, а в Великобритании – до 200-300 т/сут.

Технологический процесс получения RDF состоит из двух операций: дробления отходов и сепарации черных металлов. Если ограничиваться только этими двумя операциями, то получаемый в этом случае RDF будет содержать много балластных фракций и иметь низкое качество. Поэтому при изготовлении гранулированного топлива используют дополнительные машины, механизмы и агрегаты, позволяющие обогащать, гранулировать и брикетировать топливо из отходов, при этом возрастают капиталовложения и эксплуатационные расходы, но полученное топливо имеет значительно лучшее качество. Принципиальная схема производства гранулированного топлива приведена на рисунке 53.

Способ получения гранулированного топлива выбирают в зависимости от вида отходов, их состава, а также последующего способа использования – в качестве основного или дополнительного (вместе с основным – углем, торфом или т. д.) топлива. Теплота сгорания гранулированного топлива колеблется от 5300 до 17700 кДж/кг.

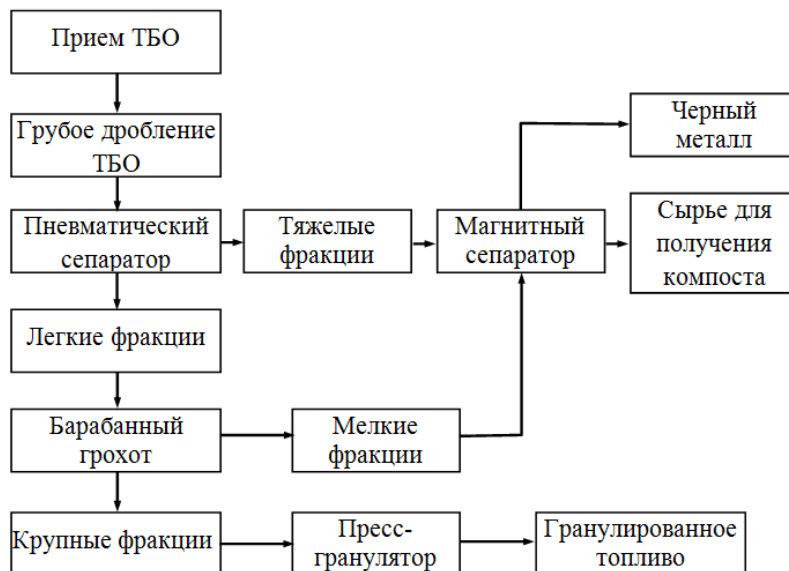


Рисунок 53 - Принципиальная схема производства гранулированного топлива.

(Источник - <https://studfile.net/preview/2824883/page:5/>)

Многие котельные установки нуждаются лишь в небольшой модернизации для работы на гранулированном топливе, т. к. они оборудованы устройствами для удаления шлака и летучей золы.

Пиролиз отходов.

Альтернативой сжиганию является пиролиз органической части твердых отходов, получивший признание в нашей стране и за рубежом как один из наиболее перспективных методов переработки отходов. Использование пиролиза взамен сжигания, отходов позволяет резко уменьшить объем газовых выбросов и содержание в них токсичных компонентов. Кроме того, появляется возможность утилизации потенциальных энергетических и материальных ресурсов путем получения из отходов топливных и других вторичных продуктов. Пиролизу целесообразно подвергать некомпостируемые части бытовых отходов (НБО) и неиспользуемые отходы, содержащие в основном органические вещества.

Под пиролизом понимают процесс термического разложения отходов без доступа кислорода, в результате которого образуются пиролизный газ и твердый углеродистый остаток.

Количество и состав продуктов пиролиза зависит от состава отходов и температуры разложения. Пиролиз НБО способствует созданию безотходных и малоотходных технологий и рациональному использованию природных ресурсов.

Пиролизные установки в зависимости от температурного режима процесса разделяют:

- на низкотемпературные (450–500 °С), характеризующиеся минимальным выходом газа, максимальным количеством смол, масел и твердых остатков;
- среднетемпературные (до 800 °С), характеризующиеся увеличенным выходом газа с уменьшенным количеством смол и масел;
- высокотемпературные (свыше 800 °С), характеризующиеся максимальным выходом газов и минимальным количеством смолообразных продуктов.

Процесс пиролиза НБО состоит из:

- пиролиза НБО в печи с внешним обогревом;
- дожига пиролизных газов;
- утилизации тепла отходящих газов в котле-утилизаторе с получением пара;
- очистки дымовых газов от пыли и химических примесей в пенном абсорбере;
- сушки абсорбционных растворов в распылительной сушилке;
- охлаждения пирокарбона в барабане-холодильнике;
- сепарации черного и цветного металла из пирокарбона;
- сепарации камней из пирокарбона;
- измельчения пирокарбона в конусной инерционной дробилке;
- фасовки пирокарбона в мешки и складирования.

Термическое разложение отходов может проводиться в режиме, обеспечивающем либо получение газа и твердого остатка при минимальном выходе или даже полном отсутствии смолы, либо получение смолы в качестве одного из целевых продуктов. Минимальной температурой пиролиза, очевидно, следует считать 500°C. В условиях постепенного нагрева и быстрой эвакуации парогазовой смеси из реактора при этой температуре достигается максимальный или близкий к максимальному выход жидких продуктов. Для увеличения выхода газа и твердых углеродистых продуктов необходимо обеспечить условия для вторичных превращений парогазовых продуктов первичного разложения.

Преимущественное получение тех или иных продуктов определяется возможностями их использования и может быть достигнуто путем соответствующего аппаратурного оформления процесса пиролиза твердых отходов.

Основной узел пиролизной установки – реактор, представляющий собой шахтную печь со встроенной швельшахтой и системой эвакуации газов, предотвращающей смешивание пиролизных и дымовых газов (рисунки 54, 55).

Из сортировочного отделения НБО по системе конвейерных транспортеров падают в приемный бункер пиролизной установки.

Из бункера отходы забирают грейферным ковшом, смонтированным на подъемном кране. Кран подает отходы в промежуточный бункер, днищем которого служит пластинчатый питатель, предназначенный для загрузки отходов в верхнюю часть реактора, оборудованную тремя затворами шиберного типа.

В печи пиролизной установки при температуре 500–550 °С без доступа воздуха происходит термическая деструкция (пиролиз) НБО.

В результате образуется парогазовая смесь, содержащая в своем составе летучие вещества, пары смолы и твердый углеродсодержащий продукт – пирокарбон.

Присутствующие в НБО кожа, пластмасса, резина и другие продукты разлагаются, образуя летучие вещества, которые помимо CO₂ и H₂O, Cl, P, SO₂ содержат углеводороды (олефины, парафины и т. д.). Пиролизные газы подвергаются дальнейшему окислению в специальной камере дожига, превращаясь в менее опасные вещества. Камера дожига имеет горелку, через которую подают природный газ или мазут и воздух на горение, а для снижения температуры образующихся дымовых газов – воздух.

Камера дожига оборудована рубашкой, в которую поступает воздух, охлаждающий стенки камеры, в результате чего температура газов на выходе из камеры дожига снижается до 800 °С. Воздух на горение и разбавление подают дутьевыми

вентиляторами.

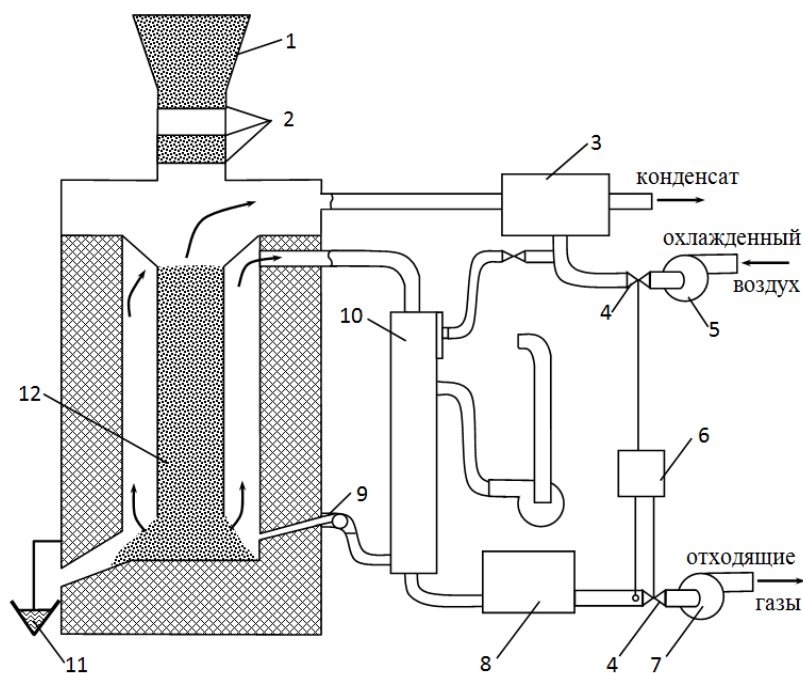


Рисунок 54 - Схема установки высокотемпературного пиролиза:

1 – приемная воронка, 2 – затворы, 3 – конденсатор жидких продуктов, 4 – дроссельные заслонки, 5 – вентилятор, 6 – газоанализатор, 7 – дымосос, 8 – система газоочистки, 9 – сопло подачи подогретого воздуха, 10 – воздухоподогреватель, 11 – водяная ванна, 12 – швельшахта.

(Источник - <https://studfile.net/preview/2824883/page:6/>)

Дымовые газы из камеры дожига направляются в рубашку печи пиролиза, где тепло дымовых газов используется для обогрева печи. Из рубашки печи пиролиза дымовые газы температурой 600–700 °С направляются для утилизации тепла в котел-утилизатор, в котором в результате снижения температуры дымовых газов до 300–350 °С получают пар.

Пар используют для нужд теплоснабжения производства. Затем дымовые газы температурой 300–350 °С поступают на распылитель для сушки абсорбционных растворов, использованных в абсорберах, а затем с температурой 120 °С – на абсорбцию и после очистки выбрасываются в атмосферу.

Тепло дымовых газов используется для проведения процесса пиролиза НБО, что позволяет экономить топливо.

Полученный в печи пирокарбон с температурой 450–500 °С поступает в холодильный барабан, где охлаждается до 40–50 °С, затем по ленточному конвейеру подается на размол. Пирокарбон пройдя электромагнитный сепаратор для извлечения остатков черного металла, поступает на полигональное сито, где освобождается от крупных камней, которые вывозят на свалку. Затем пирокарбон подается на мельницу, где измельчается до 0,5 мм и менее. После измельчения пирокарбон вновь подают на сепарацию для извлечения цветных металлов, которые накапливают в контейнерах, а пирокарбон расфасовывают и затем направляют на склад готового продукта.

Физико-химические свойства пирокарбона: плотность – 2-2,5 г/см³; удельная

поверхность – 2200 см/г; насыпная плотность – 0,6-0,7 т/м³; гранулометрический состав ($d > 0,5$ мм – 10 %, $d < 0,5$ мм – 90 %). Теплофизические свойства пирокарбона: теплота сгорания – 12000-13000 кДж/кг; теплопроводность – 0,106 Вт (м·°С); температуропроводность – $11,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

Поступающие на установку отходы НБО более чем на 90 % состоят из органических веществ, в основной массе которых соотношение углерод: водород: кислород приблизительно соответствует их соотношению в целлюлозе ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n. Целлюлоза – высокомолекулярный полисахарид. Клетчатка – главная составная часть органической части отходов, например бумага почти на 100 % состоит из целлюлозы; хлопчатобумажные и текстильные изделия – более чем на 90 %; древесина – примерно на 50 %. При термической обработке целлюлозы (без доступа кислорода) она разлагается, образуя большое количество различных продуктов.

При быстром подъеме температуры образуется большое количество парогазовой смеси.

Медленное нагревание сопровождается равномерным выделением продуктов реакции, при этом образующееся тепло удаляется с парогазовой смесью, не оказывая существенного влияния на температурный режим внутри аппарата.

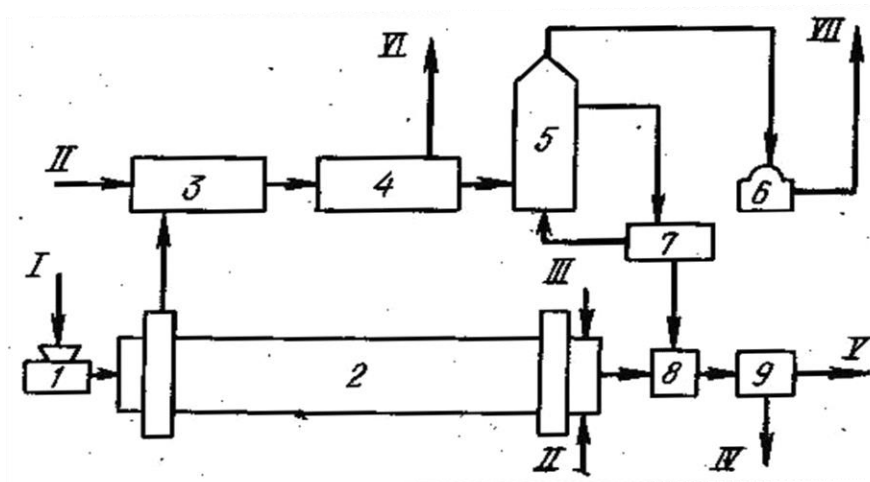


Рисунок 55 - Схема процесса пиролиза смешанных отходов

1 – дробилка; 2 – реактор; 3 – камера сжигания газа; 4 – котел-утилизатор; 5 – скруббер; 6 – вентилятор; 7 – узел очистки воды; 8 – охладитель твердого остатка; 9 – сепаратор.

(Источник - <https://studfile.net/preview/2824883/page:6/>)

Известна установка для пиролиза промышленных и бытовых отходов, содержащая загрузочный бункер, подающий механизм, печь и устройство для выгрузки, которая с целью повышения эффективности процесса пиролиза отходов, снабжена камерой пиролиза, выполненной в виде усеченного конуса, размещенной в печи под углом 15-30° к горизонтали, переходной насадкой, установленной за подающим механизмом соосно камере пиролиза, а устройство для выгрузки выполнено в виде водоохлаждаемой камеры с размещенными в ней механизмами дробления и отвода продукта пиролиза.

Пиролиз отходов по методу Destrugas, разработанному датской фирмой PollutionControl, тоже осуществляется в вертикальном шахтном аппарате, но при

этом применяется наружный обогрев реакторе. Максимальная температура в реакционной зоне достигает 1050 °С, и поскольку парогазовая смесь движется в прямом токе с твердым материалом, продукты первичного разложения подвергаются глубокому пиролизу.

Основным продуктом процесса является газ. При переработке твердых отходов с теплотой сгорания 8 мДж/кг образуется свыше 40 % газа с теплотой сгорания в среднем около 13 мДж/м³. Часть этого газа используется для обогрева реактора. В случае необходимости (при переработке отходов с очень высокой влажностью или повышенным содержанием неорганических веществ) предусмотрена возможность использования дополнительного постороннего топлива. Остаток разложения после выгрузки из реактора охлаждается в водяной ванне. При этом вода сильно загрязняется органическими веществами.

Известен способ переработки органического сырья в топливные компоненты путем пиролиза и может быть использован для утилизации бытовых и коммунальных отходов, а также при переработке угля низкой степени углефикации и различной зольности, илов. Установка для переработки органического сырья включает приемный бункер для подачи сырья, вертикальный реактор пиролиза с реакционной камерой, систему разделения парогазообразной смеси и средство для выгрузки. Система разделения парогазообразной смеси выполнена в виде последовательно установленных циклона, каталитической насадки, конденсатора, массообменной колонны, центробежного активного циклона, центробежного вентилятора и шиберного регулятора.

Следует отметить, что при использовании для пиролиза вертикальных реакторов и в особенности реакторов щелевидной формы могут возникнуть трудности в обеспечении непрерывного движения отходов, связанные с их низкой насыпной плотностью. В этом отношении определенное преимущество имеет горизонтальные вращающиеся печи, устанавливаемые с небольшим наклоном в направлении перемещения обрабатываемых материалов.

Фирма Monsanto Enviro-Chemical Systems (США) разработала пиролизную систему Landgard, в которой в качестве реактора используется вращающаяся печь. Пиролиз отходов осуществляется во встречном потоке горячих дымовых газов, образующихся в результате сжигания части отходов и дополнительного жидкого топлива на воздушном дутье. Получаемый в процессе и используемый для производства пара газ имеет теплоту сгорания 3,4–3,8 мДж/м³. Углеродсодержащий остаток после флотации в виде шлама вывозится на свалку.

Соотношение и состав получаемых газообразных, жидких и твердых продуктов зависят от условий пиролиза и состава исходного продукта.

К вредным составляющим НБО относят: серу, основным источником которой является резина; хлор, выделяющийся при сжигании полимерных материалов; оксиды азота; соединения фтора и т. д.

Для защиты окружающего атмосферного воздуха от загрязнений дымовые газы необходимо тщательно очищать как от золы, так и от химических веществ.

В качестве реагента для очистки дымовых газов применяют известковое молоко, выбор которого зависит от имеющихся в дымовых газах химических примесей и необходимости вывода химических загрязнителей (слабо- или

труднорастворимые соли) дымовых газов. Используя известковое молоко, достигают достаточно высокой степени очистки дымовых газов и обеспечивают доступность нейтрализующего реагента и простоту обращения с ним.

Система, включающая распылительную сушилку и абсорбер, рассчитана на очистку отходящих газов от двух одновременно работающих печей пиролиза. При этом качество выбрасываемых газов характеризуется следующими показателями: пыль – 30 мг/м³; SO₂ – 50 мг/м³; NO_x – 100 мг/м³; Cl⁻ – 10 мг/м³; F⁻ – 2 мг/м³.

Абсорбция пыли и химических примесей из отходящих топочных газов происходит в пенном абсорбере. В качестве орошающего раствора используют известковое молоко. В результате нейтрализации кислых окислов образуются кальциевые соли соответствующих кислот, раствор которых направляют в распылительную сушилку, где образуется сухой шлам – смесь солей и золы.

Шлам собирают в контейнеры и направляют в отвал для хранения или отправляют потребителю.

Количество загрязняющих веществ, выделяющихся при пиролизе, составляет примерно 50 % от выделяющихся при сжигании таких же объемов ТБО на МСЗ.

Установки по сжиганию ТБО могут служить источником загрязнения воздушной среды взвешенными частицами золы и недожога, а также вредными газообразными примесями. Поэтому при проектировании их особое внимание уделяют совершенствованию средств по снижению выбросов вредных примесей. Физико-химические свойства отходящих газов при сжигании ТБО зависят от морфологического и фракционного составов, теплоты сгорания отходов и т. д.

Эти показатели существенно меняются в зависимости от климатических условий района и сезона года. Влажность ТБО колеблется в пределах 52–58% в зависимости от сезона года, а содержание влаги в дымовых газах меняется в пределах 95–119 г/м³.

Существует три вида выбросов из мусоросжигательных установок: газы, выходящие из дымовой трубы; сточные воды; летучая зола и шлак.

Наиболее вредными выбросами мусоросжигательных установок считают отходящие газы и летучую золу. Поскольку основной вредной составляющей дымовых газов являются содержащиеся в них взвешенные частицы и отравляющие вещества, то их концентрацию и принимают в качестве главного показателя санитарно-гигиенического аспекта работы таких сооружений.

Зола, образующаяся при сжигании ТБО, состоит в основном из минералов и несгоревших частиц органических соединений.

Содержание недожога обычно не превышает 2 %, а при неблагоприятных условиях может достигнуть 15 % и определяется конструктивными особенностями топочного устройства, а также технологическими условиями процесса горения. Концентрация золы в дымовых газах мусоросжигательных установок составляет примерно 2–5 г/м³ сухого газа.

Загрязняющие вещества воздуха образуются в результате неполного сгорания части отходов и из новых продуктов в процессе их горения. Продукты неполного сгорания включают оксиды углерода, амины, органические кислоты, полициклические ароматические соединения и т. д. Частные выбросы могут содержать тяжелые металлы, которые при сжигании не разрушаются.

Конечными продуктами сгорания обычно являются диоксид углерода и водяные пары. Другие продукты образуются в меньших количествах. Хлористый водород и небольшое количество хлора образуются в мусоросжигательных установках в процессе хлорирования углеводородов, фтористый водород – из органических фторидов, бромистый водород – из органических бромидов, оксиды серы, главным образом диоксид серы, – из имеющейся в отходах и дополнительном топливе серы, P_2O_5 – из фосфорорганических соединений, оксид азота – при горении на воздухе из соединений азота, входящих в состав ТБО.

В связи с постоянным увеличением в составе отходов доли синтетических материалов в будущем вероятно резкое превышение ПДК вредных газообразных веществ в дымовых газах мусоросжигательных установок (хлористого и фтористого водорода, полициклических ароматических углеводородов).

Под воздействием выбросов и золы мусоросжигательных установок возникают такие заболевания, как аллергия, болезнь Альцгеймера, астма, аутизм, рак, сердечно-сосудистые заболевания со смертельным исходом, болезни эндокринной и иммунной систем, болезни почек и печени и многие другие.

После введения в Европе и США новых экологических нормативов количество закрытых мусоросжигательных заводов сократилось на треть.

Высокотемпературная газификация отходов.

Газификацией органических веществ природного и техногенного происхождения называют термическую обработку этих веществ, при которой их нагрев осуществляют в атмосфере с содержанием O_2 ниже необходимого для стехиометрического горения веществ с образованием CO_2 и паров воды в качестве основных продуктов горения и не содержащей азота. Применительно к отходам органического происхождения газификацию при температуре ниже $1200^\circ C$ условно называют низкотемпературной (НТГ), выше этой температуры - высокотемпературной (ВТГ). Представлены сравнительные эколого-технологические и экономические характеристики предприятий, осуществляющих сжигание отходов и ВТГ отходов (в варианте Thermoselect). Высокотемпературная газификация рассматривается как одна из альтернатив сжиганию отходов, обладающая рядом существенных преимуществ относительно «базового» метода. Вместе с тем высокотемпературную газификацию следует рассматривать не как конкурента методам управления отходами на основе их селективного сбора и переработки, а как одно из эффективных звеньев систем интегрированного управления отходами.

Газификация является одной из перспективных технологий получения энергии из биомассы. Газификация биомассы с целью получения тепловой энергии уже достигла коммерческого уровня, хотя занимает довольно ограниченный сегмент на энергетическом рынке, особенно в развитых странах. Для расширения этого сегмента необходимо преодолеть ряд экономических и других нетехнических барьеров. С точки зрения капитальных затрат, которые выше по сравнению со станциями, работающими на ископаемом топливе, экономически рентабельная работа газификационной установки во многих случаях возможна только при использовании очень дешевого сырья. Интерес к газификационным технологиям все более смещается от производства только тепловой энергии к возможности комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.

По типу слоя сырья и способу подвода окислителя основные технологии могут быть разделены на газификацию в плотном (неподвижном) слое с восходящим (ВДГ) нисходящим (НДГ) поперечным движением газа, газификацию в кипящем слое (стационарный КС, ЦКС, два реактора КС) и газификацию в потоке.

Характерной чертой реактора с НДГ является движение газа вниз через опускающийся плотный слой сырья. Такая технология обеспечивает получение относительно чистого генераторного газа с содержанием смол 50-500 мг/нм³. Газ может использоваться в газодизельных электростанциях небольшой мощности. В гаффикаторах плотного слоя с ВДГ биомасса, поступающая сверху вниз, сначала просушивается газ, который движется вверх. Затем твердое сырье пиролизируется с образованием углистого вещества, которое продолжает двигаться вниз и проходит стадию газификации. Парообразные продукты пиролиза уносятся вверх горячим газом. Смолы, содержащиеся в этих продуктах, конденсируются на холодном опускающемся сырье или уносятся из реактора произведенным газом. Таким образом, концентрация смол в генераторном газе увеличивается и может достигать 10-100 г/нм³. Ввиду значительного содержания смол, без дополнительной очистки газ может только сжигаться в котле, расположенном в непосредственной близости от установки. Газификаторы с ПДГ в работе во многом сходны с газификаторами с НДГ. Воздух или смесь воздуха с паром подводятся в реактор через боковую стенку в нижней части корпуса реактора. Газ отводится из реактора с противоположной стороны. Широкого распространения газификаторы данной конструкции не получили.

Отличительными особенностями газификаторов с КС по сравнению с реакторами плотного слоя являются высокие скорости тепло- и массопереноса и хорошее перемешивание твердой фазы, что обеспечивает высокие скорости реакции и близкую к постоянной температуру слоя. Частицы сырья должны быть более мелкими, чем при газификации в плотном слое, то есть необходимо дополнительное измельчение. Реакторы с КС – единственный вид газификаторов, работающих с изотермическим слоем сырья. Производится газ с содержанием смол 5–10 г/нм³, что является средним показателем между газификацией с ВДГ и НДГ. При газификации в ЦКС частицы, унесенные из реактора потоком газа, отделяются от газа в циклоне и возвращаются обратно в слой для увеличения степени конверсии углерода. Проведенный газ в большинстве коммерческих приложений используется для сжигания в котлах. Технология газификации биомассы в КС и ЦКС может быть реализована как при атмосферном, так и при высоком давлении. Установка, работающая под давлением, является существенно более сложной и дорогостоящей по сравнению с атмосферной газификацией. Преимущества этой технологии проявляются при использовании в крупных парогазотурбинных установках с внутрицикловой газификацией БМ. В этом случае не требуется дополнительного сжатия газа перед подачей в камеру сгорания газовой турбины.

Установка с двумя реакторами КС позволяет получить газ с более высокой теплотворной способностью, чем в случае одного КС с воздушным дутьем. Первый реактор по своей функции близок к пиролизу. Теплота привносится в него горячим песком, циркулирующим между двумя ректорами. Смесь генераторного газа, углеродистого вещества, золы и песка из газификатора поступает в циклон, где твердая фракция отделяется и попадает во второй реактор с КС (камеру сгорания). Углистое

вещество сгорает, а нагретый песок возвращается в первый реактор. Произведенный генераторный газ имеет высокую теплотворную способность, однако содержит много смол, поскольку процесс конверсии сырья близок к пиролитическому.

При газификации в потоке частицы сырья захватываются потоком окислителя (обычно кислорода или пара). Образующаяся суспензия проходит по всей длине ректора, где и происходит процесс газификации. При газификации в потоке генераторный газ содержит мало смол. До настоящего времени имеется небольшой опыт работы с БМ в таких установках. Среди других видов реакторов можно выделить:

- реактор с движущимся слоем (горизонтальный слой, наклонный слой, многокамерная печь, печь со шнеком): механическое перемещение слоя сырья. Газификация в таком реакторе обычно является низкотемпературной.

- вращающаяся печь: в основном используются для переработки отходов ввиду хорошего контакта газа и твердых частиц, и хорошего перемешивания сырья. Необходима тщательно продуманная конструкция для избежания уноса твердых частиц.

- циклонные и вихревые реакторы: высокие скорости движения частиц обеспечивают высокие скорости протекания реакций. Циклонные газификаторы отличаются простотой конструкции. Однако они лишь недавно стали применяться для конверсии биомассы, и технология еще не до конца отработана.

Одной из наиболее перспективных сегодня считается новая технология газификации, разработанная Entimos Oy (Финляндия). Газификатор Entimos представляет собой комбинацию НДГ и ВДГ. Генераторный газ, выходящий из верхней части реактора (ГГ 1, рисунок 56), сжигается в котле с целью выработки тепловой энергии. Газ из средней части ректора (ГГ 2) поступает в двигатель с турбонаддувом для производства электроэнергии. Когенерационная демонстрационная установка мощностью 1,1 МВт+450 кВт с 2001 г. работает в Tervola (Финляндия), обеспечивая теплотой и электроэнергией местный населенный пункт.

В 1998 г. Foster Wheeler Energia Oy ввела в эксплуатацию новый газификатор Pyroflow стоимостью около 15 млн. долл. на ТЭЦ Кумиярви (Lahti, Финляндия). Газификатор был подсоединен к существующему угольному котлу (рисунок 57).

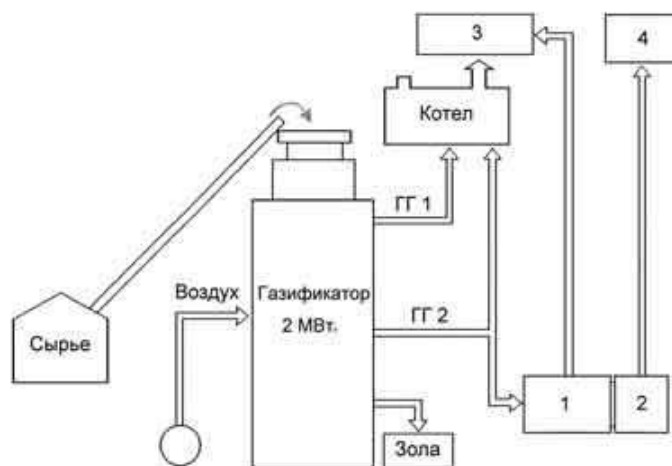


Рисунок 56 - Демонстрационная газификационная установка компании Entimos Oy (Tervola, Финляндия):

1 – двигатель с турбонаддувом, 2 – генератор, 3 – система теплоснабжения, 4 – электрическая сеть, ГГ 1, ГГ 2 – генераторный газ.

(Источник - <https://studfile.net/preview/2824883/page/6/>)

Производительность газификатора по топливу (древесная биомасса и горючая часть отходов) составляет около 300 ГВт.ч/год. С технологической точки зрения основное отличие газификаторов Pyroflow, установленных в 1980-х гг. для обжиговых печей, состоит в том, что газификатор в Lahti перерабатывает сырье без сушки. Влажность топлива может достигать до 60%.

Мощность газификатора колеблется в диапазоне 40-70 МВт в зависимости от влажности и теплотворной способности сырья. Процесс проходит при атмосферном давлении и температуре около 850 °С. Производится низкокалорийный газ (2,0-2,5 МДж/м³) следующего состава: CO₂ 12,9%, CO 4,6%, H₂ 5,9%, N₂ 40,2%, H₂O 33%, C_xH_y 3,4%. Газ очищается в циклоне, немного охлаждается в воздухоподогревателе (подготовка дутья для газификатора) и поступает в котел. В котле имеются две газовые горелки, расположенные ниже угольных. Генераторный газ замещает около 15% угля, потребляемого котлом.

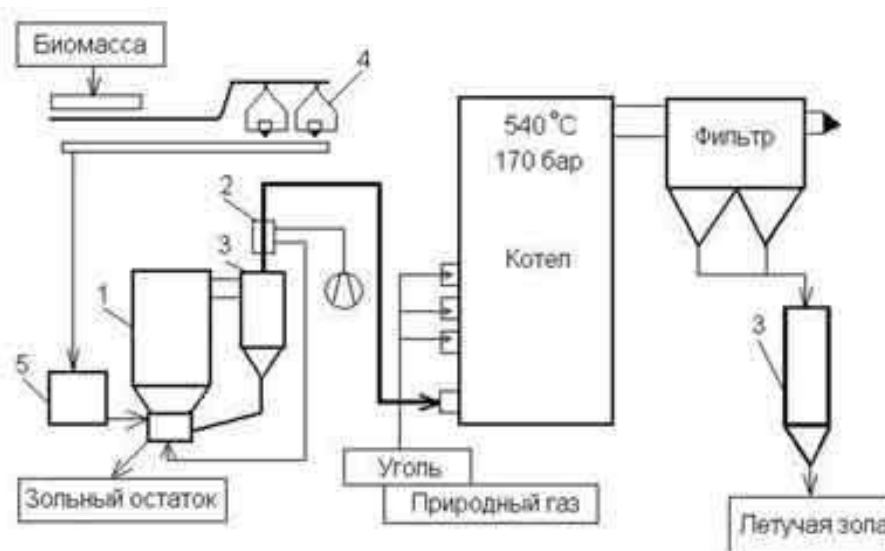


Рисунок 57 - Схема ТЭЦ Kymi (Lahti, Финляндия)

1 – газификатор, 2 – воздухоподогреватель, 3 – циклон, 4 – бункер для хранения и перемешивания топлива, 5 – шаровой затвор.

(Источник - <https://studfile.net/preview/2824883/page/6/>)

По разработанной компаниями Andco и Carborundum (США) схеме Torrax твердые отходы подвергаются газификации на воздушном дутье в вертикальном шахтном реакторе с жидким шлакоудалением. Конструкция реактора позволяет перерабатывать отходы без какой-либо предварительной обработки, что является существенным достоинством процесса. Наряду с городскими отходами, а также вместе с ними по этой схеме могут перерабатываться и различные промышленные отходы. Основным продуктом процесса является энергетический газ с теплотой сгорания не более 4 МДж/м³. До 15 % энергии продуктового газа затрачивается в самом процессе на нагревание воздуха. Остальная энергия передается потребителям в виде пара либо непосредственно в виде газообразного топлива.

В процессе Pyroox разработанном фирмой UnionCarbide (США), также используется вертикальный шахтный газификатор. Однако вместо нагретого воздуха в

этом процессе используется чистый кислород, что дает возможность получать из бытовых отходов газ с теплотой сгорания до 11,5-13 мДж/м³. При потреблении 0,2 т кислорода на 1 т отходов образуется 0,7 т такого газа.

Тема 8. Вторичные материальные ресурсы, обращение с ними и способы переработки. Отходы пластмасс. Отходы бумаги и картона. Отходы металлов. Отходы резинотехнических изделий (отработанные шины).

Использование ВМР снижает себестоимость и удельные капитальные вложения. Также, оно вовлекается повторно в хозяйственно-экономический оборот и ускоряется темп экономического роста.

Разделение мусора — практика сбора и сортировки с учетом его происхождения и пригодности к переработке или вторичному использованию. Раздельный сбор мусора позволяет отделить перерабатываемые отходы от не перерабатываемых, а также выделить отдельные типы отходов, пригодные для вторичного использования. Эти действия позволяют не только вернуть в промышленный оборот максимум материалов, но и сократить расходы на вывоз мусора, его промышленное сепарирование, а также снизить общее загрязнение окружающей среды, в том числе сократить площадь объектов захоронения.

Вторичные материальные ресурсы (далее – ВМР) – отходы, которые после их сбора могут быть вовлечены в гражданский оборот в качестве вторичного сырья и для использования которых имеются объекты по использованию отходов.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. № 50 утверждена Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы, одними из целевых показателей которой являются показатель «Использование ТКО» и показатель «Сбор (заготовка) ВМР».

В показатель «Сбор (заготовка) ВМР» входит сбор и заготовка следующих видов вторичных ресурсов:

- отходы бумаги и картона (документы, конверты, открытки, календари, газеты, журналы, упаковочный картон, коробки от косметики). Нельзя выбрасывать в бумажные отходы: грязные коробки от пиццы, одноразовую бумажную посуду, факсы, чеки, бумагу, покрытую пленкой, металлическим слоем, упаковку от соков и молока, пергамент и пергаментную бумагу, фотографии на фотобумаге;

- отходы стекла (утилизации подлежит почти любая стеклянная тара: банки от продуктов питания и лекарств. Некоторые виды стекла являются обработанными или комбинированными, к ним относятся: автомобильные стекла, зеркала, лампы);

- полимерные отходы. Главная опасность пластика заключается в его дешевизне. Торговые сети бравировать друг перед другом количеством и разнокалиберностью бесплатных фасовочных пакетов. Производители даже самый простой товар для привлечения покупателя упаковывают в радужный слой яркой упаковки.

Основным источником образования отходов пластиковой упаковки являются именно фасовочные пакеты, которых торговыми объектами закупаются около 60 млн штук. Рулоны бесплатной упаковки безжалостно разматываются посетителями магазинов в километры пластика.

При сортировке по категориям, в контейнер с пластиком выбрасываются пакеты от молока, бутылки из-под масла, напитков, молока, фасовочные пакеты, пластиковые крышечки, бутылки от шампуней, жидкого мыла, гелей для душа, бытовой химии, моющих средств, пакеты с ручками, пакеты-майки, пластиковые ведра, канистры, тазы, тетра-паки, упаковка от консервной продукции. Не выбрасываются в пластик следующие виды отходов: одноразовая посуда (все маркировки), белые баночки от сметаны и йогуртов, лотки от яиц, зубные щетки, памперсы, тюбики от зубной пасты, кремов, фольга, CD диски, магнитофонные кассеты, декоративная косметика;

- отходы бытовой техники. Выброшенная бытовая техника, попадая в окружающую среду, наносит природе значительный урон. Ведь она состоит из пластика и металлов. Попадая в почву, эти материалы не могут разложиться десятилетиями. Еще опаснее, когда на полигоны попадают опасные элементы, которые содержатся в технике — батареи, аккумуляторы, системы охлаждения, др. Из крупной техники основная масса механизмов, подлежащих утилизации, состоит из стиральных машин, холодильников, телевизоров, электроплит, микроволновых печей, сушильных машин, кулеров, электрочайников, посудомоечных машин, оргтехники;

- изношенные шины. Вот уже более ста лет не утилизированные и не переработанные шины продолжают разлагаться в земле. При этом они выделяют в почву, а потом и в грунтовые воды опасные и токсичные соединения, такие как дифениламин, фенантрен и др. Попадая в грунтовые почвы эти элементы попадают в питьевую воду. Например, дифениламин вызывает повреждение внутренних органов человека при постоянном вдыхании или употреблении внутрь. Поэтому шины необходимо сдавать в специализированные предприятия для дальнейшей их переработки. Шины у населения принимаются через приемно-заготовительные пункты безвозмездно в неограниченном количестве. Шины должны быть чистыми, без посторонних примесей и металлических дисков (в т.ч. воды, смазочных материалов).

- отработанные масла. Отработанным маслом следует называть любой из видов масел, который был получен из необработанной нефти либо синтетических веществ. В результате промышленного использования оно загрязняется примесями химического либо физического содержания, т.е. отработанное масло — это отход с синтетической или нефтяной основой в составе.

Отработанные батарейки и аккумуляторы содержат токсичные тяжелые металлы: кадмий, свинец, ртуть, цинк. В люминесцентных лампах содержатся ядовитые пары ртути. Батарейки и люминесцентные лампы необходимо размещать в специальные контейнеры в магазинах – местах их продажи. Их отправят на переработку и безопасное обезвреживание на заводы.

Национальной стратегией по обращению с ТКО и вторичными материальными ресурсами, Концепцией создания объектов по сортировке и использованию ТКО и полигонов для их захоронения определены главные направления и механизмы по уменьшению захоронения отходов:

- максимальное извлечение вторичного сырья, в том числе органической части отходов для последующего получения компоста для озеленения и рекультивации земельных участков;

- внедрение депозитно-залоговой системы (ДЗС), которая будет

способствовать предотвращению образования отходов, особенно с учетом того, что в Беларуси есть тенденция увеличивать производство напитков в стеклянной таре и сокращать использование полиэтиленовой упаковки.

Сбор, сортировка и подготовка отходов к переработке.

Проблематичность промышленной переработки ТБО состоит, прежде всего, в том, что этот вид отходов имеет сложный морфологический состав. Пока нет рациональной технологии переработки столь разных по своему составу материалов, содержащихся в ТБО, в одном технологическом процессе, а разделение смеси различных компонентов на составляющие на полигонах и свалках практически невозможно.

Наиболее рациональным решением проблемы твердых бытовых отходов могла бы быть организация селективного сбора или хотя бы грубая предварительная сортировка перед их сжиганием или компостированием. Еще лучшей была бы технология комплексной переработки ТБО, предполагающая, в том числе, предварительную сортировку отходов с последующим сжиганием горючей фракции и утилизацией выделяемой при этом теплоты, компостированием, по возможности, органической фракции и переработкой остальных отходов, включая отходы сжигания. Следует отметить, что масштабы использования технологии комплексной переработки ТБО в мире пока незначительны.

Значительное развитие в мире получила технология селективного сбора компонентов ТБО: стекла, макулатуры, полимерных и металлических бутылок и банок, пищевых отходов. В Германии, кроме того, существует двойная система удаления ТБО и отдельно отходов упаковки. Селективный сбор таких отходов осуществляют в специальные контейнеры, расположенные в местах сбора ТБО, в жилых районах, у магазинов, торговых точек, в зонах отдыха. Даже стеклотару из белого и темного стекла собирают в различные контейнеры. Существует система приемных пунктов, в том числе автоматов, для приема металлических банок на платной основе (возврат залоговой цены).

В Германии с 1985 г. проводят отдельный сбор органических бытовых отходов, которые затем компостируют и бесплатно распределяют среди населения. Это позволило сократить массу сбора отходов для захоронения на 25%. Обеспечена также повторная переработка 44% белой жести, содержащей олово, используемой для консервирования продукции.

В большинстве европейских стран предварительную сортировку твердых бытовых отходов (ТБО) проводит население. Для отдельного сбора пластмассовых отходов, стеклотары, пищевых отходов и так далее устанавливают контейнеры, населению выдают специальные мешки, ящики. Вывоз отходов осуществляется предприятиями коммунального хозяйства или перерабатывающими предприятиями.

В Российской Федерации система сортировки отходов населением практически не действует. В населенных пунктах в жилых зданиях выше пяти этажей предусмотрено строительство мусоропроводов. Для приема бытовых отходов используют передвижные и стационарные контейнеры емкостью от 0,1 до 0,8 м³. Для контейнеров также оборудуют заасфальтированные или забетонированные площадки

на открытом воздухе.

Первой стадией переработки бытовых отходов является измельчение. Для этого используют молотковые, ножевые дробилки, ударно-отражательные мельницы, рифленые вальцы. Для фракционирования применяют барабанные и вибрационные сита. Далее проводят сепарацию отходов. Лучше всего разработаны процессы выделения из бытовых отходов металлолома и макулатуры. Сепарацией и последующим использованием других компонентов отходов можно значительно повысить экономическую целесообразность процесса. На сепарацию отходы поступают после предварительного измельчения. При переработке бытовых отходов используют мокрый и сухой методы сепарации.

При сборе отходов необходимо сразу же их сортировать. Рассортированные отходы из контейнеров легко подвергаются переработке.

Аналогично решаются задачи по переработке промышленных отходов (ПО), например сбор и переработка отходов металлов. Эффективность использования лома и отходов металлов зависит от их количества и качества заготовленного лома.

Обработку ПО целесообразно проводить в местах образования отходов, что сокращает затраты на погрузочно-разгрузочные работы, снижает безвозвратные потери при их перевалке и транспортировке и высвобождает транспортные средства.

Критерием определения целесообразности переработки отходов в местах их образования является количество и степень использования отходов в производстве. Основными направлениями ликвидации и переработки твердых промышленных отходов (кроме металлоотходов) являются вывоз и захоронение на полигонах, сжигание, складирование и хранение на территории промышленного предприятия до появления новой технологии переработки их в полезные продукты (сырье).

Основные операции первичной обработки металлоотходов — сортировка, разделка и механическая обработка. Сортировка заключается в разделении лома и отходов по видам металлов. Разделка лома состоит в удалении неметаллических включений. Механическая обработка включает рубку, резку, пакетирование и брикетирование на прессах. Пакетирование отходов организуется на предприятиях, на которых образуется 50 т и более высечки и обрезков в месяц. Каждая партия должна сопровождаться удостоверением о взрывобезопасности и безвредности. Стружку перерабатывают на пакетирующих прессах, стружкодробилках, брикетировочных прессах. Брикетированию (окускование механическим уплотнением на прессах, под молотком и других механизмах) подвергается сухая и неокисленная стружка одного вида, не содержащая посторонних примесей с длиной элемента до 40 мм для стальной и 20 мм для чугуновой стружки. Прессование вьюнообразной стружки целесообразно проводить в отожденном состоянии, так как при этом отпадает необходимость выполнения таких подготовительных операций, как дробление, обезжиривание, отбор обтирочных материалов и мелких кусков металла.

Специалисты полагают, что большая часть всех бытовых, промышленных и других отходов представляет собой ценное сырье, которое вновь может быть использовано в соответствующих отраслях народного хозяйства.

Однако одно дело переработать и использовать отдельно собранные отходы (макулатуру, тряпье, металлы) и ненужные предметы, другое - извлечь и очистить уже попавшие в мусор. Рассортировать механизированным способом мусор на все

(или хотя бы на основные) входящие в него фракции - процесс, требующий разработки специального сложного оборудования. На зарубежных заводах по сортировке мусора предусматривается комплексное извлечение основных ценных составляющих.

Технология включает:

- аэросепарацию мусора;
- электромагнитную сепарацию;
- компостирование и другие процессы.

Из мусора извлекают черный металл, бумагу, пластмассу, органическое вещество. Органическое вещество затем разделяется. Часть органики с высоким содержанием кормовых веществ, овощей, фруктов, хлеба и т.д. перерабатывается в корм для скота. Из остальной органики изготавливают компост. Около 50% исходного мусора, который нельзя использовать как вторсырье или для компостирования, сжигается.

Утилизация полимерных отходов.

Основными направлениями использования полимерных отходов производства являются повторное их применение в производственном цикле по прежнему назначению в качестве добавки к основному сырью (в концентрации примерно 10–12%); переработка во вторичный гранулят и крошку с последующим изготовлением из них (или с их добавлением к основному сырью) широкого ассортимента товаров народного потребления.

Полиэтиленовые отходы производства и потребления можно перерабатывать во вторичный гранулят для последующего использования в производстве дренажных труб (в том числе гофрированных), пленок для сельскохозяйственного применения, литевых изделий для сантехники, транспортной тары в виде ящиков для фруктов и овощей и т.д.

Они могут применяться также в качестве связующего при изготовлении композиционных материалов на основе древесных, бумажных и текстильных отходов.

Поливинилхлоридные отходы используют в дорожном строительстве, а также для получения жесткого винипласта, линолеума и других изделий.

Полистирольные отходы применяют для изготовления облицовочных листов, товаров народного потребления и других изделий.

Утилизация макулатуры.

Основными видами продукции, изготавливаемой с использованием макулатуры в мире, являются тароупаковочные виды бумаги и картона, санитарно-гигиеническая и газетная бумага, писчепечатные виды бумаги, обойная бумага. Кроме того, макулатуру широко используют при производстве некоторых строительных материалов, в частности, мягких кровельных и изоляционных (пергамин, толь, рубероид) и плиточных облицовочных материалов. Все более широкое развитие получают малые предприятия по производству из макулатуры бугорчатых прокладок для яиц, заменяющих целлюлозу полуфабрикатов, волокнистых плит, эковаты и др.

Например, для производства бугорчатых прокладок макулатуру замачивают и выпускают в воде на волокна, из полученной суспензии под вакуумом формируют прокладки, которые затем подвергают сушке. Такая технология не требует сложного оборудования, больших производственных площадей и характеризуется сравнительно невысоким расходом энергии. Типовая установка позволяет получать из 350 т макулатуры 5 млн. прокладок в год. Воздействие установки на окружающую среду заключается в образовании сточных вод (до 40 м³ сутки), чистота которых зависит, в свою очередь, от степени загрязненности использованной макулатуры.

Для облицовки стен, потолков, перегородок жилых, производственных и складских помещений, а также изготовления тары из макулатуры производят волокнистые плиты. Технология производства из макулатуры волокнистых плит включает в себя роспуск макулатуры в воде на волокна, отлив ковra, прессование плит и обрезку их по периметру. Обрезки и бракованные плиты снова применяют в производстве. Вода для роспуска макулатуры может быть использована многократно; данная технология не предполагает образования сточных вод и может рассматриваться как экологически чистая и практически безотходная.

Производство теплоизоляционных материалов с использованием макулатуры может быть осуществлено либо по "мокрому", либо по "полусухому" способам.

Мокрый способ заключается в роспуске макулатуры в воде, введении легкого пористого наполнителя (перлит, вермикулит), клеевых добавок, последующих отливе плит и их сушке. Как и при производстве волокнистых плит, сточные воды отсутствуют. Технология безотходная, экологически чистая.

По **полусухому способу** теплоизоляционный материал изготавливают из макулатуры с использованием в качестве наполнителя цемента или гипса (от 20 до 35%). Сточные воды отсутствуют. Технология проста в применении и базируется на легкодоступном отечественном оборудовании. Из 600 т макулатуры за год установка, занимающая производственную площадь 250 м², позволяет выпускать 2000 м плит/год.

Лишь в крайне незначительных объемах подвергают пока утилизации влагопрочные отходы бумаги и картона, такие как ламинированная бумага для упаковки молочных продуктов и соков, пропитанные смолами бумага и картон, пропитанные нефтепродуктами бумага и картон, кожкартон и др. В то же время разработана безотходная и экологически чистая технология переработки отходов ламинированной бумаги для упаковки молочных продуктов и соков.

Основными перспективными направлениями вовлечения макулатуры и других картонно-бумажных отходов в хозяйственный оборот, рекомендуемыми для широкомасштабного внедрения являются:

- сбор, сортировка и поставка макулатуры заготовительным организациям или предприятиям - переработчикам;
- организация малых предприятий по производству волокнистых плит, литевых изделий или теплоизоляционных материалов, облицовочных плит.

Утилизация металлоотходов.

Экономический эффект использования металлоотходов в качестве вторсырья

металлургический промышленности очевиден. 1 тонна чугуна или стального лома может сберечь народному хозяйству 3,5 т минерального сырья (2 т железной руды, 1 т кокса, 0,5 т известняка) при снижении удельного расхода энергии на 75-80% и воды на 40%. В итоге 1 т стали выплавленной из отходов, примерно в 20 раз дешевле стали, полученной из руды. В то же время помимо защиты литосферы сокращается количество загрязняющих веществ в атмосферу и гидросферу на 75-80%. Поэтому и не удивительно, что в зарубежных странах широко используется металлолом. Только в 1975 г в США использовалось свыше 60 млн.т металлолома, в ФРГ – около 20 млн.т, Англии – 15 млн.т, Японии – 36 млн.т. Доля металлолома в шихте сталеплавильных печей в 1972 году в США составила 46%, ФРГ – 40%, Англии – 50%, Италии – 58%, Франции – 31%, Японии – около 35%. В советской металлургии тех времен черные металлы составляли более 48% шихты, при производстве стали в электропечах – более 90%. В настоящее время использование металлолома в металлургии значительно возросло из-за сложностей в экономике.

На предприятиях, где образуется большое количество металлоотходов, организуются специальные цехи (участки) для утилизации вторичных металлов. Чистые однородные отходы с паспортом, удостоверяющим их химический состав, используют без предварительного металлургического передела.

В машиностроении разработка малоотходных технологических процессов связана прежде всего с необходимостью увеличения коэффициента использования металла. Естественно, что это увеличение дает не только технико-экономические выгоды, но и позволяет уменьшить отходы и вредные выбросы в окружающую среду.

Сравнительно новым технологическим процессом в литейном производстве является использование быстротвердеющих формовочных смесей. Этот процесс, при котором происходит химическое затвердевание форм и стержней, прогрессивен не только в технологическом, но и в санитарно-гигиеническом отношении вследствие значительного сокращения пылевыведения. Коэффициент использования металла увеличивается при таком литье до 95-98%.

Предложена новая технология изготовления разовых литейных форм без использования формовочных смесей с органическими связующими. Увлажненный водой песок формируется и затем быстро замораживается жидким азотом. Полученные в таких формах отливки из чугуна и цветных сплавов имеют хорошую структуру и гладкую поверхность.

Одним из видов технологических потерь в кузнечно-прессовых цехах является угар металла, достигающий 5% массы загружаемого в печь материала. Угар повышается с увеличением продолжительности нагрева, поэтому для сокращения потерь необходимо интенсифицировать процесс нагрева, устанавливая его оптимальный режим в соответствии с конструкцией нагревательного оборудования и формой заготовки.

Другим видом технологических потерь металла при его нагреве является окалина, возникающая в результате окисления поверхностного слоя металла. При пламенном нагреве потери металла от окалины составляют ~ 3% массы заготовки. Особенно толстый слой окалины образуется при неравномерном нагреве. Эффективными способами борьбы с угаром и образованием окалины являются нагрев заготовки в защитной безокислительной среде, а также контактный и индукционный

нагрев, позволяющий снизить потери металла до 0,5%. Для уменьшения образования окалины используется нагрев в нейтральной среде токами высокой частоты.

В термических цехах целесообразно применять нагрев деталей в ваннах, что предотвращает окисление и обезуглероживание поверхностного слоя стальных деталей. При этом масляные ванны предпочтительнее свинцовых, загрязняющих атмосферу аэрозолями свинца. Заменяя в нагревательной ванне минеральное масло расплавом селитры, можно снизить потребление и сброс нефтепродуктов.

При термической обработке металлов большой практический интерес представляют новые производственные методы, основанные на проведении процессов в замкнутых объемах с экономичным расходом исходных составляющих и без выделения продуктов реакции в окружающую среду. Например, **циркуляционный метод** диффузионного насыщения металлов и сплавов одним и несколькими элементами с использованием специальных установок (рисунок 58), в которых рабочее пространство герметично, а разовый поток создается реверсивным вентилятором. В отличие от проточного газового метода, при котором происходит выброс вредных веществ в атмосферу, циркуляционный метод обеспечивает безвредность технологического химико-термического процесса.

Прогрессивный процесс ионного азотирования (рисунок 59) по сравнению с печным обладает большей экономичностью, повышает коэффициент использования электроэнергии, нетоксичен и отвечает требованиям защиты окружающей среды.

В области обработки материалов резанием большой интерес представляет новый универсальный метод — иглофрезерование. При иглофрезеровании не образуется пыли, этот метод позволяет заменить такой неприятный химический процесс, как травление.

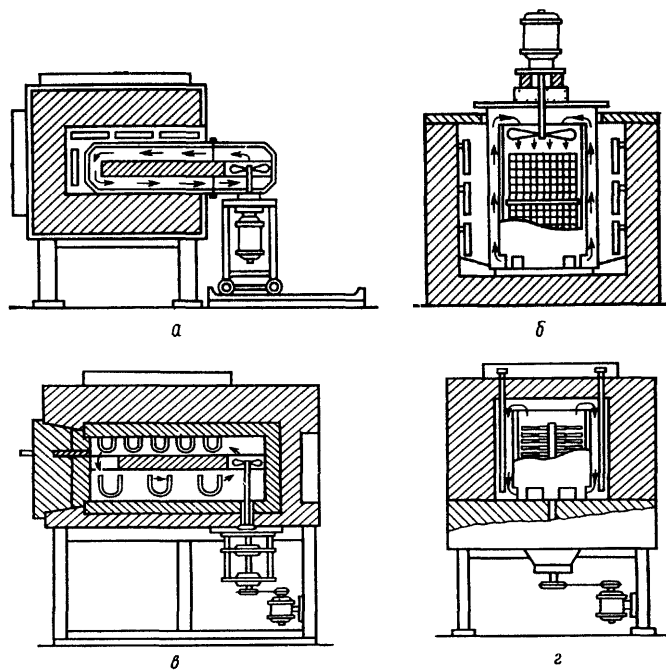


Рисунок 58 - Схемы циркуляционных установок:

а – камерная муфельная; б – шахтная муфельная; в – камерная безмуфельная; г – шахтная мезмуфельная.

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page:25/#43>)

На шлифовальных и заточных операциях перспективно применение алмазно-абразивных инструментов и кругов из нового синтетического материала — эльбора, что способствует уменьшению количества абразивного шлама и удлиняет сроки замены смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), содержащих вредные вещества (нитриты и др.).

Уменьшению загрязнения воздушного бассейна способствует совершенствование методов окраски машин. При обычном способе окраски распылением пневматическими краскораспылителями потери краски, загрязняющей воздух, составляют 40–60%.

Получивший широкое распространение способ окраски в электростатическом поле позволил свести непроизводительные потери лакокрасочных материалов к минимуму, одновременно существенно повысив санитарно-гигиенические показатели процесса.

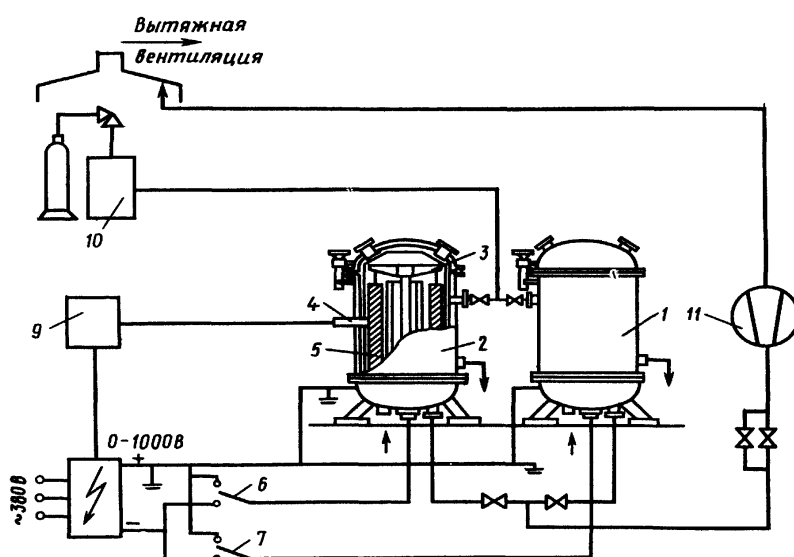


Рисунок 59 - Схема электропечи ионного азотирования:

1,2 нагревательные камеры; 3 – подвеска с деталью; 4 – термопара; 5 – обрабатываемые детали; 6, 7 – разьединитель; 8 – тиристорный источник питания; 9 – блок измерения и регулирования температуры; 10 – газоприготовительная установка; 11 – вакуумный насос.

(Источник - <https://studfile.net/preview/9366218/page:25/#43>)

Суть метода заключается в том, что распыленная краска подается в электростатическое поле высокого напряжения с отрицательным потенциалом на электродных сетках и положительным на изделии. Частицы краски, несущие отрицательный заряд, притягиваются к изделию. Способ окраски в электростатическом поле легко поддается автоматизации.

Другим направлением снижения вредного влияния процесса окраски на атмосферу является уменьшение токсичности применяемых материалов. Лакокрасочные материалы, содержащие органические растворители, заменяются водорастворимыми материалами.

На автомобильных заводах процесс травления поковок в растворе серной кислоты полностью заменен очисткой поковок от окалина стальной дробью в

дробомерных барабанах непрерывного действия и в проходных дробомерных камерах. Это дало возможность прекратить сброс в отстойники отработанной серной кислоты и железа, а также уменьшить объемный расход технической воды на 10000 м³/год.

В прокатном производстве в последние годы созданы и получили широкое распространение так называемые деталепрокатные станы (зубопробкатные, винтовой прокатки в винтовых камерах, поперечно-винтовой, клиновой и др.), позволяющие отказаться в ряде случаев от дальнейшей металлообработки и сэкономить металл на 10–35% по сравнению с резанием.

Порошковая металлургия позволяет создавать материалы и изделия с особыми, часто уникальными составами, структурой и свойствами, а иногда вообще недостижимыми при других техпроцессах. При этом обеспечивает значительный экономический эффект за счет потерь материалов до 5–7%. Для сравнения отметим, что при металлообработке литья и проката часто теряется в стружках до 60–70% металла.

В подшипниковой промышленности разработана и внедрена технология использования шлифовального шлама для производства колец подшипников методами порошковой металлургии, что позволяет получать ежегодную экономию до 70 000 т качественного порошка легированной стали.

Утилизация резинотехнических изделий.

Известны два принципиально различных вида технологических процессов переработки изношенных шин: с разрушением и без разрушения их резиновой составляющей.

Методы переработки изношенных шин с разрушением резиновой составляющей основаны на процессах сжигания, термического и каталитического крекинга, пиролиза, разложения резины под действием озона, кислорода и других химических реагентов. Применение этих методов приводит к глубокой деструктуризации полимера, в большинстве случаев - к распаду молекулярной цепи. Получаемые продукты горения или разложения можно рассматривать как возможное сырье для органического и нефтехимического синтеза. Протекание таких процессов требует больших затрат энергии и наличия достаточно сложного оборудования. Поэтому для того, чтобы оправдать все затраты, ценность полученных в результате такой переработки продуктов должна быть очень высокой. Пока такие процессы не нашли широкого применения.

Чаще всего применяют методы переработки шин, обеспечивающие максимальное сохранение структуры химической составляющей, что позволяет осуществлять процессы регенерации резины и производство резиносодержащих изделий из восстановленной резины.

Традиционным при переработке шин является механический метод, основанный на измельчении на дробильных вальцах и последующем отсеивании тонкой фракции резиновой крошки на виброситах. Однако, даже при оптимальных условиях, производительность дробильных вальцов недостаточна, а потребность в энергии больше, чем для других типов измельчителей. Более производительным является метод измельчения с применением роторных машин и дисковых мельниц.

Производство по переработке шин механическим методом является экологически чистым, пыль твердых частиц и измельченного текстильного корда улавливается местной вентиляцией и осаждается в циклонах и рукавных фильтрах и может быть повторно использована.

Применение криогенных методов позволяет создать процесс с более полным отделением металлического и текстильного корда, и последующим размолем резины за две, три операции. В основе метода - предварительное «охрупчивание» резины при температуре жидкого азота с последующим ее измельчением. Криогенная технология обладает рядом преимуществ:

- энергозатраты на измельчение "охрупченной" резины в 10 раз ниже энергозатрат на измельчение при положительных температурах;
- имеется возможность получения резинового порошка любой дисперсности;
- при получении порошков резины тонкого помола (10-50 мкм) резко снижается пожаро- и взрывоопасность. Однако при этом возникает другая проблема - большой расход хладагента (0,6 кг жидкого азота на 1 кг резины), что при всей экономичности метода в отношении потребления электроэнергии на механические стадии и сокращение числа операций дробления, делает этот процесс неэкономичным из-за высокой стоимости хладагента. Поэтому применение криогенной технологии становится экономически оправданным только в тех случаях, когда производство размещено вблизи металлургических и иных производств, где имеются цеха разделения воздуха и жидкий азот, не являющийся основной целью производства, сравнительно дешев.

В ряде стран для переработки изношенных покрышек применяют взрывные технологии. Так, на опытной установке металлокордные шины разрушались до кусков от 20 до 60 мм с минимальными затратами взрывчатых веществ. Такой продукт представляет большой интерес для шиноперерабатывающих заводов. Самые большие энергозатраты на разрушение шины связаны с предварительным измельчением с получением кусков резины размерами до 50 мм. Взрывная технология позволяет получать и более мелкие куски резины (до 10–15 мм).

Традиционная механическая технология по переработке шин с текстильным кордом включает в себя следующие операции:

- вырезка бортового кольца на борторезательном станке;
- грубое измельчение покрышек на куски на шинорезе роторно-ножевого типа до кусков размером 60х60 мм;
- среднее дробление на дробильных вальцах до кусков шин размером порядка 10 мм;
- мелкое измельчение до размера 1-0,5 мм на размольных вальцах;
- рассев резиновой крошки по фракциям и отделение текстильного корда на виброситах.

Энергозатраты на получение одной тонны резиновой крошки по такой технологии составляют примерно 780 кВт-ч.

Технология переработки шин с металлокордом имеет некоторые отличия и содержит следующие стадии:

- вырезка бортового кольца;
- резка шин на 3–4 части на механических ножницах или на шинорезе;

- грубое дробление на дробильных вальцах усиленной мощности (400 кВт);
- среднее дробление на дробильных вальцах;
- электромагнитная сепарация металлокорда;
- мелкое измельчение до размера частиц 1–0,8 мм на размольных вальцах;
- сепарация крошки на виброситах и удаление текстильного корда.

Процесс переработки шин с металлокордом более энергоемкий по сравнению с переработкой шин с текстильным кордом.

Резиновая крошка, полученная в таких процессах регенерации, может служить вторичным сырьем для ряда производств. Традиционным и промышленно наиболее освоенным направлением использования резиновой крошки является производство регенерата, применяемого частично вместо каучуков в производстве всех видов резиновой продукции от шин до резиновой обуви.

Тонко измельченную резиновую крошку изношенных шин размером 0,5 мм используют при производстве шин и резинотехнических изделий, приготовлении асфальтовых смесей и битумных мастик, а также для выпуска различных материалов строительного назначения.

Дробленая резина, резиновая крошка и резиновый регенерат могут применяться при производстве гидроизоляционных, кровельных и иных строительных материалов.

С использованием резиновой крошки могут быть изготовлены цветные формовые резиновые элементы кровли (черепица резиновая). Черепица имеет замковые устройства, срок ее службы - не менее 25 лет.

Резиновые плиты, применяемые для устройства полов промышленных зданий и сельскохозяйственных помещений, содержат не менее 40% резиновой крошки, связующим являются отходы заводов синтетического каучука. Срок службы таких плит не менее 20 лет. При их применении используют химическую стойкость резины и ее изоляционные свойства. Такие плиты предназначены для устройства не искрящих полов в пожароопасных производствах, а также химически стойких полов в химических цехах.

Резинополимерные плиты содержат до 85% резиновой крошки размером 1–8 мм со связующим - вторичным полимерным порошком. Их применяют для устройства спортивных площадок, садовых дорожек. Они не требуют дополнительного крепления. Срок их службы - не менее 20 лет.

Кроме перечисленных материалов, с использованием резиновой крошки могут быть изготовлены: подрельсовые прокладки, резиновые коврики для автомобилей, ковры для салона автобусов, брызговики, колеса для хозяйственных тележек.

Производство материалов строительного и технического назначения из резиновой крошки изношенных шин - пример высокорентабельного производства. Для его организации используют стандартное отечественное оборудование для получения резинотехнических материалов: резиносмесители, смесительные вальцы, каландры и вулканизационные прессы.

При разработке природоохранных мер на уровне местного или регионального управления необходимо учитывать, что изношенные шины не подлежат размещению на полигонах и свалках отходов из-за их пожароопасных свойств. В связи с этим возможны следующие направления их практического использования:

- включение в хозяйственный оборот без переработки для укрепления откосов дорог, дамб, берегов водоемов, и т. д.;
- организация сбора изношенных шин с текстильным кордом для поставки на переработку регенератным и шиноремонтным заводам;
- организация сбора изношенных шин с металлокордом;
- организация мест складирования изношенных шин и прежде всего с металлокордом для временного хранения в течение неопределенного времени;
- организация собственного цеха по переработке изношенных шин мощностью 3–5 тысяч тонн в год с получением крупных кусков шин размером 100x100, 150x150 мм, которые будут являться товарной продукцией для регенератных заводов. В качестве базового технологического процесса переработки шин целесообразно использовать технологию по получению резиновой крошки размером 1,5–1,0 мм. Из такой крошки можно получить различную продукцию: резиновая кровля, резинополимерные мастики, покрытия полов спортивных сооружений, резинокордный шифер, черепица, монолитные шины для контейнеров, автомобильные коврики, брызговики, подрельсовые прокладки для железнодорожных путей, настилы для устройства трамвайных и железнодорожных переездов и др.

Тема 9. Медицинские отходы. Ртутьсодержащие отходы. Отработанные технологические жидкости

Обращение с медицинскими отходами.

Медицинские отходы относятся к категории опасных в санитарно-эпидемиологическом, гигиеническом, токсикологическом и экологическом отношении.

Медицинские отходы – специфический вид отходов, требующий создания специальной системы сбора и обезвреживания.

Обращение с медицинскими отходами регулируется законодательством. Источниками медицинских отходов являются:

- медицинские учреждения – специализированные лечебнопрофилактические заведения, в которых оказывается полный спектр медицинских услуг: диагностика, лечение, реабилитация после перенесенных болезней, в том числе терапевтические медицинские учреждения; хирургические и травматологические учреждения; педиатрические медицинские учреждения; профилактические медицинские учреждения – санатории и профилактории; специальные медицинские учреждения – отделения экспертизы, станции и отделения скорой медицинской помощи, медицинские службы спасения, отделения и станции переливания крови; родильные дома;
- фармацевтические учреждения – предприятия и организации, занятые в сфере обращения лекарственных средств, включая изготовление, оптовую и розничную торговлю лекарственными средствами;
- население при самостоятельном выполнении лечебно-диагностических и оздоровительных процедур.

Система сбора, временного хранения и транспортирования медицинских отходов в общем случае должна включать следующие этапы:

- сбор отходов внутри организаций, осуществляющих медицинскую и/или

фармацевтическую деятельность;

- перемещение отходов из подразделений и временное хранение на территории организации, образующей отходы;
- обеззараживание/обезвреживание;
- транспортирование отходов с территории организации, образующей отходы;
- захоронение или уничтожение медицинских отходов.

Отработанные медицинские изделия должны подвергаться дезинфекции в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Для проведения дезинфекции отработанных медицинских изделий должны использоваться средства дезинфекции или установки, предназначенные для этих целей, в соответствии с законодательством Республики Беларусь и рекомендациями их производителей.

Сточные воды, образовавшиеся в результате дезинфекции отработанных медицинских изделий растворами средств дезинфекции, приготовленными в соответствии с рекомендациями производителей путем разбавления водой (в пропорции не менее чем 1:1), допускается отводить (сбрасывать) в централизованные системы водоотведения (канализацию).

При использовании установок с паровым или другим методом дезинфекции, установок по сжиганию предварительная дезинфекция отработанных медицинских изделий химическим методом не проводится.

При использовании установки с паровым или другим методом дезинфекции регистрация процедуры дезинфекции должна проводиться с указанием режима дезинфекции, даты и времени начала и окончания процесса дезинфекции, названия структурного подразделения, из которого доставлены на дезинфекцию отработанные медицинские изделия. Результаты документирования процедуры дезинфекции должны сохраняться в течение одного года после процесса дезинфекции.

Транспортировка не прошедших дезинфекцию отработанных медицинских изделий из структурных подразделений, из организации, с места оказания медицинской помощи вне организации в помещение или на объект, где организована их дезинфекция, должна проводиться в условиях, исключающих их непосредственный контакт с работниками и пациентами:

- в одноразовой и (или) в непрокальваемой многоразовой таре в зависимости от морфологического состава отработанных медицинских изделий с маркировкой (отработанные медицинские изделия, название структурного подразделения, дата сбора отработанных медицинских изделий в тару). Одноразовая тара (пакеты) должна располагаться внутри многоразовой тары;

- в непрокальваемой одноразовой таре, снабженной плотно прилегающей крышкой и (или) иглосъемниками для сбора острых, колющих и режущих отработанных медицинских изделий.

Дезинфекция непрокальваемой многоразовой тары для сбора отработанных медицинских изделий должна проводиться после каждого ее опорожнения.

Санитарно-эпидемиологические требования к сбору, временному хранению и уничтожению цитостатических лекарственных средств (ЦЛС) в организации.

Сбор ЦЛС должен осуществляться в герметичную одноразовую тару.

Временное хранение герметичной одноразовой тары с ЦЛС должно

осуществляться в специальном помещении организации в условиях, исключающих прямой контакт с ЦЛС пациентов и работников.

Уничтожение ЦЛС проводится с использованием высокотемпературных технологий в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Санитарно-эпидемиологические требования к сбору и временному хранению медицинских отходов и биологического материала в организации.

Для сбора медицинских отходов должны использоваться: одноразовая и (или) непрокальваемая многоразовая тара в зависимости от морфологического состава медицинских отходов и условий для их удаления в организации и за ее пределами. Одноразовая тара (пакеты) должна располагаться внутри многоразовой тары; непрокальваемая одноразовая тара, снабженная плотно прилегающей крышкой и (или) иглосъемниками для сбора острых, колющих и режущих медицинских отходов.

Одноразовая тара с медицинскими отходами, подготовленная к транспортировке из структурного подразделения организации, должна иметь маркировку с названием структурного подразделения, датой сбора медицинских отходов в тару.

Маркировка одноразовой тары с медицинскими отходами, подготовленной к транспортировке из организации, не проводится.

Для сбора медицинских отходов и их транспортировки в структурных подразделениях и за их пределами допускается использовать тележки, предназначенные для этих целей.

В организации (структурных подразделениях) для упорядоченного временного хранения медицинских отходов должны быть созданы условия, исключающие прямой контакт с медицинскими отходами пациентов и работников (специально выделенное место, помещение, шкаф или другое).

Выделение из медицинских отходов вторичных материальных ресурсов в организациях (структурных подразделениях) для пациентов с инфекционными заболеваниями, представляющими или могущими представлять собой чрезвычайную ситуацию в области общественного здравоохранения, имеющую международное значение, при работах с условно-патогенными микроорганизмами и патогенными биологическими агентами, а также в патологоанатомических организациях (структурных подразделениях) не допускается.

Работы с медицинскими отходами должны проводиться с использованием средств индивидуальной защиты.

После проведения медицинских вмешательств и отбора биопсийного, секционного материала для патологоанатомических исследований биологический материал подлежит сжиганию и (или) захоронению в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь. Дезинфекция биологического материала растворами средств дезинфекции перед сжиганием, захоронением не проводится.

В РБ используется следующая классификация медицинской продукции:

- медицинская продукция, содержащая радиоактивные элементы;
- медицинская продукция, содержащая ртуть;
- лекарственные средства в аэрозольной упаковке;
- лекарственные средства, содержащие живые, в том числе ослабленные, культуры микроорганизмов;

- лекарственные средства, включенные в перечень лекарственных средств списка А, зарегистрированных в Республике Беларусь, ежегодно утверждаемый Министерством здравоохранения Республики Беларусь;

- наркотические средства и психотропные вещества, включенные в республиканский перечень наркотических средств, психотропных веществ и прекурсоров, утвержденный постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 3 мая 2000 г. N 11 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., N 54, 8/3512);

- антибиотики и аналогичные противомикробные средства;

- антисептики и дезинфицирующие средства;

- другие.

В каждой перечисленной группе производится разделение лекарственных средств по агрегатному состоянию, первичной упаковке и другим признакам в соответствии с предполагаемыми методами обезвреживания отходов, образовавшихся после ее уничтожения.

Медицинскую продукцию следует размещать отдельно по группам, упаковывать в контейнеры или иные емкости (прочные картонные коробки, ящики, бочки) и четко маркировать в соответствии с их содержимым. До завершения уничтожения медицинской продукции следует хранить в сухом безопасном помещении отдельно от продукции, не подлежащей уничтожению.

Работы по классификации и группированию лекарственных средств должны выполняться под непосредственным наблюдением лица, имеющего фармацевтическое или медицинское образование.

Собственник или владелец отходов, образовавшихся в результате уничтожения медицинской продукции, осуществляет обращение с ними в соответствии с природоохранным, санитарно-эпидемиологическим, противопожарным и иным законодательством Республики Беларусь.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции, обезвреживаются на объектах обезвреживания отходов, включенных в государственный реестр таких объектов.

При обезвреживании отходов, образовавшихся в результате уничтожения медицинской продукции, в первую очередь необходимо руководствоваться методами, установленными производителем медицинской продукции, а в случае их отсутствия – санитарными нормами.

Твердые отходы, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции, являющиеся неопасными в соответствии с заключением о классе их опасности, обезвреживаются захоронением на объектах размещения коммунальных отходов при получении разрешения на размещение отходов производства.

Жидкие отходы, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции, являющиеся неопасными в соответствии с заключением о классе их опасности, могут по согласованию с организацией, эксплуатирующей объекты водопроводно-канализационного хозяйства, территориальными органами Министерства здравоохранения и территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды обезвреживаться путем разбавления водой с последующим сливом в канализацию.

Опасные отходы, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции, обезвреживаются захоронением на объектах захоронения опасных отходов после предварительного заключения их в герметичную металлическую капсулу.

Герметичная металлическая капсула получается следующим способом: отходы помещают в прочную металлическую емкость, заполняя емкость не более чем на 50% объема, после чего заливают смесью, состоящей из извести, цемента и воды в соотношении 15:15:5 (по массе), заполняя емкость доверху (для получения смеси необходимой консистенции количество воды может быть увеличено); заполненную емкость заваривают шовной или точечной сваркой и выдерживают в течение 7 - 28 дней для застывания.

Опасные отходы, образовавшиеся в результате уничтожения лекарственных средств, не требующие специальных методов обезвреживания, могут быть обезврежены сжиганием при температуре не ниже 850 °С.

Опасные отходы, образовавшиеся в результате уничтожения лекарственных средств, требующие специальных методов обезвреживания, могут быть обезврежены сжиганием при температуре не ниже 1200 °С.

При выборе объекта по сжиганию собственник или владелец отходов должен учитывать, что объект должен быть оборудован газоочистными сооружениями по специальной технологии, предусматривающей контроль отходящих газов и зольного остатка, и обеспечивать нормы выбросов загрязняющих веществ при сжигании отходов согласно санитарным нормам.

Допускается сжигание отходов, образовавшихся в результате уничтожения медицинской продукции, в печах для обжига цемента, печах литейных заводов, печах металлургических производств, в теплоэлектростанциях, печах, работающих на угле, и других установках при условии согласования такого сжигания с территориальными органами Министерства здравоохранения и территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения антибиотиков и аналогичных противомикробных средств, растворяют в воде, добавляют 10-процентный раствор натрия гидроксида в количестве 10% от объема раствора обезвреживаемых отходов, выдерживают в течение 2 недель, после чего нейтрализуют до pH 5,0–7,0. Образовавшиеся отходы обезвреживаются как было указано выше.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения антисептиков и дезинфицирующих средств, обезвреживаются методом слива в канализацию в соответствии с инструкцией для каждого конкретного средства, содержащей режимы слива и разбавления водой, устанавливаемой собственником или владельцем таких отходов, по согласованию с организациями, эксплуатирующими объекты водопроводно-канализационного хозяйства, территориальными органами Министерства здравоохранения и территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Запрещается слив любых количеств отходов, образовавшихся в результате уничтожения антисептиков и дезинфицирующих средств, в поверхностные водоемы.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения лекарственных средств, содержащих живые (в том числе ослабленные) культуры микроорганизмов, подвергают стерилизации насыщенным водяным паром при избыточном давлении 0,11 МПа (1,1 кгс/куб.см) и температуре 120 град. С или 0,20 МПа (2 кгс/куб.см) и температуре 132 град. С. Стерилизацию осуществляют в паровых стерилизаторах (автоклавах). Время стерилизационной выдержки - не менее 15 минут для отходов объемом до 100 мл; не менее 30 минут для отходов объемом до 1000 мл. Отходы в объеме более 1000 мл в одном сосуде перед стерилизацией должны быть расфасованы в более мелкие сосуды объемом менее 1000 мл.

Образовавшиеся отходы обезвреживаются как указано выше.

Отходы медицинской продукции, содержащей радиоактивные элементы, ртуть обезвреживаются в соответствии с соответствующими санитарными правилами и нормами.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции (иглы, скальпели, лезвия и другие аналогичные изделия), сдаются для использования в качестве вторичного сырья.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения изделий медицинского назначения из полимерных, резиновых материалов, а также комплектующие и запасные части для изделий медицинской техники из данных материалов передаются для использования в качестве вторичного сырья.

Стеклянные отходы, образовавшиеся в результате механического разрушения ампул, разбивают на твердых непроницаемых поверхностях - в металлической бочке, ведре, пользуясь прочной деревянной болванкой или молотком, вывозят на объекты размещения коммунальных отходов.

При использовании в организации установки с паровым или другим физическим методом дезинфекции, установки по сжиганию или при передаче иным организациям, оказывающим услуги по сжиганию, предварительная дезинфекция отработанных медицинских изделий химическим методом не проводится.

Краткий обзор существующих способов обезвреживания медицинских отходов

Известны четыре типа способов обработки медицинских отходов:

- инсинерация (сжигание);
- микроволновая обработка;
- температурная обработка;
- химическая обработка (дезинфекция).

Основными критериями при выборе метода утилизации и соответствующего оборудования являются следующие:

- качественный и количественный состав отходов;
- безопасность и экологическая чистота метода;
- максимальное уменьшение объема отходов на выходе и их полная обеззараженность;
- абсолютная невозможность повторного использования компонентов перерабатываемых отходов после завершения обработки;
- возможность установки оборудования непосредственно в ЛПУ при минимальных затратах на подготовительные работы;

- объем средств, которые предполагается затратить на приобретение оборудования и уровень планируемых начальных и последующих эксплуатационных расходов;

- требуемый уровень подготовки обслуживающего персонала.

Стоимость обезвреживания медицинских отходов обычно в несколько раз превышает стоимость переработки твердых бытовых отходов и составляет за рубежом в среднем от 500 до 1500 долл. США за тонну. В мировой практике для уничтожения МО наиболее широко использовались термические методы (огневой метод, пиролиз, плазменный метод, переработка в шлаковой ванне), автоклавирование, химико-механическая обработка, СВЧ-облучение, гамма-облучение, воздействие электронными пучками, химическая фиксация (бетонирование, остекловывание). Ряд методов находится в стадии экспериментальных исследований: облучение ультрафиолетовыми лучами, лазерное облучение, воздействие ударными импульсами (разряд, ультразвук, взрыв), обработка низкотемпературной плазмой, озонирование отходов (обработка кислородом в возбужденном метастабильном состоянии).

В общем, методы обработки медицинских отходов можно разделить на две большие группы – ликвидационные и утилизационные методы.

Ликвидационные методы (для данных методов характерно влияние на окружающую среду в той или иной степени):

- захоронение (на специальном полигоне, без обеззараживания);

- обеззараживание химическими или физическими методами и складирование на полигонах ТБО или специализированных полигонах;

- различного типа сжигание с последующим захоронением остатков от сжигания (пример на рисунке 60).

Преимущества и недостатки различных технологий переработки и захоронения отходов здравоохранения, по данным Всемирной организации здравоохранения, приведены в таблице 3.

Утилизационные методы (предполагают повторное использование и использование в качестве вторичного сырья) используются для переработки:

- люминесцентных ламп, термометров,

- фиксажного раствора, проявителя, рентгеновской пленки,

- полимерных одноразовых изделий,

- металлических изделий,

- пищевых отходов,

- бумаги, картона.

Утилизационные методы, помимо экономических целей, направлены на минимизацию негативного воздействия деятельности человека на окружающую среду.

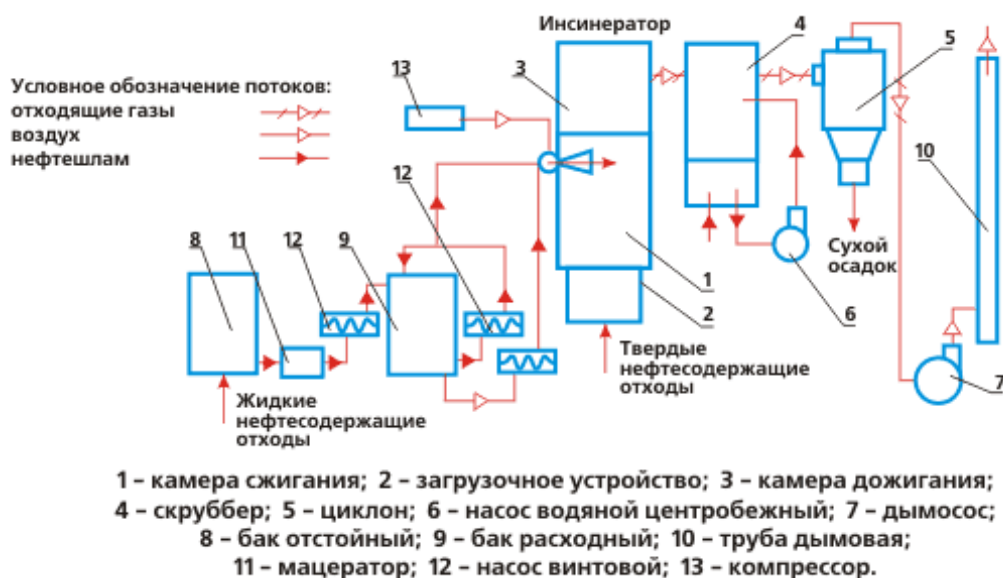


Рисунок 60 - Комплекс для термической утилизации медицинских отходов.

Наиболее применяемыми являются следующие способы обезвреживания МО.

Таблица 3 - Преимущества и недостатки технологий переработки и захоронения отходов здравоохранения

Технологии переработки или захоронения	Преимущества	Недостатки
Сжигание во врачающих печах	Применимо для инфицированных, токсичных и фармацевтических отходов и цитостатиков	Высокие капитальные и эксплуатационные затраты.
Сжигание в пиролизических печах	Очень высокая степень дезинфекции. Применимо для инфицированных, токсичных и большинства фармацевтических отходов.	Неполное разрушение цитостатиков; сравнительно высокие капитальные и эксплуатационные затраты.
Сжигание в однокамерных печах	Хорошая степень дезинфекции. Значительное сокращение объема и веса отходов. Остатки могут захороняться на полигонах ТБО. Не требует высококвалифицированного обслуживания. Сравнительно низкие капитальные и эксплуатационные затраты.	Значительные выбросы загрязняющих веществ. Необходимо периодически удалять золу и шлак. Неэффективно для разрушения устойчивых к температуре химических соединений и цитотоксинов.
Сжигание в бочках или печах из кирпича	Значительное сокращение объема и веса отходов. Очень маленькие капитальные вложения и эксплуатационные затраты.	Разрушается только 99 % микроорганизмов. Не разрушаются многие химические соединения и остатки лекарственных препаратов. Значительные выбросы черного дыма, сажи, токсичных и пахнущих веществ в атмосферу.
Химическая дезинфекция	Высокая эффективность дезинфекции при хорошем исполнении.	Требуется высококвалифицированное обслуживание. Используются

Технологии переработки или захоронения	Преимущества	Недостатки
	Некоторые дезинфектанты сравнительно недороги. Имеется уменьшение объема отходов.	токсичные вещества, которые требуют выполнения специальных требований техники безопасности. Неприменима для токсичных отходов, лекарственных препаратов и некоторых инфицированных отходов.
Влажная термическая обработка (автоклавная стерилизация)	Экологически благоприятна. Значительное сокращение объема отходов. Сравнительно низкие капитальные и эксплуатационные затраты.	Устройства для размола отходов часто ломаются и плохо работают. Требуется высококвалифицированное обслуживание. Неприменима для биологических, фармацевтических и токсичных отходов, а также для отходов, которые плохо проницаемы для пара.
Микроволновая обработка	Высокая эффективность дезинфекции при хорошем обслуживании. Значительное сокращение объема отходов. Экологически благоприятна.	Сравнительно большие капитальные и эксплуатационные затраты. Возможны проблемы с обслуживанием и техническим сопровождением.
Капсулирование	Просто и безопасно. Низкая стоимость. Может применяться для фармацевтических отходов.	Не рекомендуется применять для потенциально инфицированных отходов, кроме острых предметов.
Безопасное захоронение на территории больницы	Низкая стоимость. Сравнительно безопасно, если исключены доступ и природный дренаж.	Безопасно только в том случае, если исключены доступ и приняты специальные меры предосторожности.
Цементирование	Сравнительно недорого.	Неприменимо для инфицированных отходов.

Термические методы. Инсинерация.

Как видно из таблицы, сжигание не является оптимальным решением проблемы обезвреживания МО. Инсинераторы, установки, предназначенные для сжигания отходов, широко распространены в мире уже в последние 10–15 лет. Исследования показали, что в результате сжигания образуются диоксины - стойкие органические загрязнители, обладающие свойством биокумуляции (способны перемещаться по пищевым цепям от растений к хищным животным, концентрируясь в мясе и молоке, и, как результат, в человеческом теле, что подразумевает под собой то, что целые популяции уже сейчас страдают от пагубных последствий воздействия диоксинов). Диоксины вызывают целый ряд заболеваний, включая рак, повреждения иммунной системы, нарушение деятельности репродуктивной и других систем организма.

Кроме того, инсинераторы также вносят большой вклад в загрязнение ртутью, сильнодействующим нейротоксином, ослабляющим двигательные, сенсорные и ряд других функций; а также являются источниками поступления в окружающую среду значительных количеств других тяжелых металлов, таких как свинец, кадмий, мышьяк и хром, кислотные пары, которые являются предшественниками кислотных

дождей, частицы, приводящие к заболеванию дыхательной системы, парниковые газы. Тем не менее, до сих пор отсутствует полная качественная и количественная характеристика выбросов загрязняющих веществ в выбросах и золе мусоросжигающих заводов (МСЗ), мониторинг содержания загрязнителей затруднен или не проводится вообще из-за отсутствия методик отбора проб и проведения анализов или же чрезвычайно высокой стоимости таких анализов.

Современные мусоросжигательные технологии являются наиболее дорогим подходом в системе управления отходами: стоимость строительства современного мусоросжигательного завода может составить сотни миллионов долларов США.

В настоящее время все большим количеством стран разрабатываются и применяются стратегии по устойчивому управлению отходами. Общественное противостояние применению сжигания широко распространено по всему миру: сотни общественных организаций во многих странах выступают против инсинерации и пропагандируют использование альтернативных технологий. В США коммерческий интерес и острый кризис со свалками привел к возникновению бума строительства инсинераторов в 80-х годах прошлого века. Активисты общественных движений боролись за уменьшение выбросов, за прекращение субсидирования строительства мусоросжигающих установок, что практически прекратило работу индустрии к концу девяностых годов. По данным Агентства по защите окружающей среды США, за последние 10 лет количество инсинераторов медицинских отходов в США сократилось с 5000 до 100. В Японии, стране с самым высоким числом МСЗ в мире, в последние годы было закрыто более 500 МСЗ. В Европе в противопоставление сжиганию отходов внедряются альтернативные технологии.

Как следствие подобной ситуации увеличивается число законодательных актов, направленных на запрещение сжигания отходов. Так, законодательство более чем 15 стран содержит частичный запрет на сжигание отходов, а законодательством Филиппин, к примеру, полностью запрещено сжигание отходов. Международное законодательство также начало влиять на деятельность МСЗ. Сжигание отходов противоречит трем принципам международного законодательства: предосторожности, предотвращению и ограничению трансграничных эффектов. Принцип предосторожности записан в OSPAR (Конвенция по защите водной среды в северо-западной части атлантического океана), LRTAP (Конвенция по трансграничному загрязнению атмосферы), Базельской, Бамако и Стокгольмской Конвенциях, а также в Декларации Саммита в Рио-де-Жанейро. Поскольку сжигание отходов является отчасти неконтролируемым процессом с выделением неизвестных побочных продуктов, многие из которых наносят вред здоровью людей, то принцип предосторожности требует избегать процесса сжигания отходов. Предотвращение и снижение использования МСЗ широко представлены в международном законодательстве, особенно в Бамако Конвенции, которая определяет МСЗ как несовместимые с практикой предотвращения и «Чистым Производством». Лондонская, OSPAR и Бамако Конвенции также запрещают сжигание отходов вблизи морских и внутренних вод. Несмотря на то, что Стокгольмская Конвенция не запрещает сжигание отходов, существует ряд ограничений по использованию данного метода обращения с отходами. Четыре из двенадцати химических веществ, являющихся предметом Конвенции — это побочные продукты сжигания отходов, которые представляют собой не только

выбросы в атмосферу. Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением была принята в марте 1989 года (вступила в силу в 1992 году). Конвенция обязывает участников Конвенции гарантировать, что утилизация отходов и их уничтожение осуществляются экологически безопасными методами. Согласно положениям Конвенции, государства должны стремиться сокращать количество перевозимых отходов, перерабатывать и удалять отходы как можно ближе к месту их производства, а также минимизировать их производство в целом.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) также декларирует следующие положения, касающиеся переработки медицинских отходов:

- материалы, содержащие хлор (например, контейнеры для крови и кровезаместителей, внутривенные катетеры, планшеты и т. д.) или тяжелые металлы типа ртути (например, сломанные термометры) никогда не должны сжигаться;

- использование всеми производителями одной и той же пластмассы для изготовления шприцев и других изделий однократного применения, чтобы облегчить рециркуляцию;

- преимущественное использование медицинских устройств, не содержащих поливинилхлорида;

- разработка и развитие безопасных вариантов переработки отходов в качестве вторичных материальных ресурсов везде, где это возможно (для пластмассы, стекла и т. д.);

- разработка и первоочередное внедрение новых, альтернативных сжиганию, технологий обезвреживания отходов;

- поощрение государствами принципов экологически чистого управления здравоохранением в соответствии с Базельским Соглашением.

ВОЗ допускает использование инсинерации медицинских отходов в тех странах, которые не имеют экологически безопасных вариантов для управления отходами здравоохранения, но в этих случаях должны выполняться следующие рекомендации:

- использование новых, современных методов при проектировании установки для сжигания отходов, при ее строительстве, оснащении и обслуживании (например, предварительный подогрев; расчет производительности для исключения перегрузки; сжигание при температуре не ниже 800°C и т.д.);

- использование сортировки, чтобы ограничить сжигание отходов, выделяющих при нагревании токсичные вещества;

- постоянный контроль и исправление текущих недостатков в обучении оператора и осуществлении управления, которые приводят к ухудшению работы установок для сжигания отходов.

Тем не менее, метод инсинерации пригоден для обезвреживания (кремации) больших количеств биомассы (трупы павших животных, массивные операционные отходы и т. д.). Альтернативой ему в данном случае может служить только пиролиз и захоронение. Проблема образования токсичных веществ при этом не столь актуальна, поскольку белковые организмы содержат галогеновые соединения в исключительно малых, следовых количествах.

Термические методы. Пиролиз.

Пиролиз является альтернативой обычным методам термической переработки твердых отходов. Пиролиз представляет собой технологии, предусматривающие предварительное разложение органической составляющей отходов в бескислородной атмосфере (пиролиз), после чего образовавшаяся концентрированная парогазовая смесь (ПГС) направляется в камеру дожигания, где в режиме управляемого дожига газообразных продуктов происходит перевод токсичных веществ в менее или полностью безопасные.

Плюсами бескислородных пиролизных технологий уничтожения органических материалов, позволяющих обеспечить экологическую безопасность выбросов, в том числе и хлорсодержащих, являются:

- возможность управляемого сжигания при высокой температуре концентрированной неразбавленной парогазовой смеси, что позволяет обеспечить высокую (1200-1300⁰С) температуру всего объема продуктов сгорания;

- выделяющийся при пиролизе хлорсодержащих материалов активный хлор уже в камере термического разложения немедленно реагирует с обязательным продуктом пиролиза любой органики - водородом, образуя стойкое соединение HCl, которое далее легко нейтрализуется на стадии доочистки, тем самым предотвращается образование диоксинов и фуранов.

Наиболее известны три установки пиролиза: российская «ЭЧУТО», французская «Мюллер» и американская «Пеннрам» (рисунок 61).

Одним из достоинств установок пиролиза (кроме улучшенных, по сравнению с инсинераторами, экологических показателей) является то, что для них нет необходимости строить капитальные сооружения и высокие дымовые трубы. Установки могут монтироваться под навесом или в ангарах легкого типа на бетонном основании.



Рисунок 61 - Установка «ЭЧУТО».

(Источник - <https://www.waste.ru/modules/equipment/item.php?itemid=411>).

Поскольку пиролиз и сжигание, например, во вращающихся печах, в настоящее время достаточно широко используются, в таблице 4 приведен анализ основных показателей данных технологий.

Таблица 4 - Техническое и экономическое сравнение пиролиза и вращающихся печи для сжигания. (Источник - <http://www.ct-line.ru/waste/medical.html>)

Сравнительные показатели	Пиролиз	Вращающаяся печь
Система подачи отходов	<ul style="list-style-type: none"> ① Печи работают поочередно: одна печь работает, вторая подает. ② Система подачи работает автоматически. Себестоимость низкая. 	<ul style="list-style-type: none"> ① Непрерывное питание, необходимость ручного управления, повышение стоимости рабочей силы. ② Непрерывное функционирование, необходимо большое пространство для хранения отходов.
Управление горением	<ul style="list-style-type: none"> ① Гипоксическое горение, полностью автоматическое функционирование, поддержание температуры горения. ② Автоматическое регулирование процесса сжигания ③ Стабильная температура горения, а также восстановление стабильной подачи горячей воды, пара. ④ Высокий уровень автоматизации. ⑤ Нет необходимости подачи топлива в камеру сжигания. На начальном этапе горения и для охлаждения золы необходима подача топлива в камеру дожигания. Время подачи топлива примерно 3 ч. ⑥ Теплотворная способность отходов должна быть выше 3500 кДж/кг. Не подходит для пастообразных и кусковых отходов. 	<ul style="list-style-type: none"> ① Горение с большим объемом воздуха, температура горения нестабильна. ② Автоматическая настройка времени и объема подачи вторичного воздуха в камеру сгорания. ③ Нестабильность температуры горения, горячей воды и пара восстановления стабильности. ④ Обычные требования для автоматизации ⑤ Для поддержания определенной температуры горения необходимо продолжать впрыскивание топлива ⑥ Нет особых требований к отходам.
Управление дымовым газом	<ul style="list-style-type: none"> ① В связи с небольшим количеством воздуха в камере сжигания процент летучей золы низок. ② Легко контролировать температуру горения, поэтому появление NO_x, CO, SO₂ незначительно ③ Железо, сталь, цветные металлы, твердые неорганические вещества не могут быть расплавлены, поэтому они легко могут быть извлечены из золы. Содержание металлического зольного остатка мало. Окисление металла не происходит, поэтому практически отсутствует повторный синтез диоксинов. Опасности загрязнения окружающей среды практически нет. 	<ul style="list-style-type: none"> ① Из за большого количества воздуха, летучей золы и концентрации дымового газа больше ② Температура горения колеблется, что способствует увеличению NO_x, CO, SO₂ и производству теплового загрязнения. ③ Железо, сталь, цветные металлы и другие неорганические твердые вещества подвергнутся расплаву, что способствует появлению металлического зольного остатка. Окисление металла может привести к синтезу диоксинов. Существует опасность загрязнения окружающей среды.

Сравнительные показатели	Пиролиз	Вращающаяся печь
Инвестиционные и текущие расходы	① Низкое потребление дизельного топлива ② Объем воздуха и дымовых газов не большой, что способствует низкой установленной мощности оборудования. Потребление электроэнергии составляет около 70 процентов от потребления во вращающейся печи. ③ Для охлаждения дымовых газов требуется небольшое количество воды ④ Мало вращающегося механического оборудования, поэтому низкие эксплуатационные расходы. ⑤ Высокий уровень инвестиций, но в целом текущие расходы на низком уровне.	① Дизельное топливо потребляется в больших количествах. ② Объем воздуха и дымового газа большой, что способствует высокой мощности оборудования и, следовательно, большому потреблению электроэнергии. ③ Для охлаждения дымовых газов требуется большое количество воды. ④ Много вращающихся машин и оборудования, поэтому высокие эксплуатационные расходы. ⑤ Низкий уровень инвестиций, однако в целом текущие расходы высоки.

Термические методы. Плазменная технология

В плазменных системах используется электрический ток, который ионизирует инертный газ (например, аргон), и формирует электрическую дугу с температурой около 6000 °С.

Медицинские отходы в этих установках нагреваются до 1300 – 1700 °С, в результате чего уничтожаются потенциально патогенные микробы и отходы преобразовываются в гладкий шлак, металлические слитки и инертные газы. О практическом использовании подобных установок пока нет данных.

Альтернативные методы

В настоящее время существует более сорока альтернативных технологий, применяемых в США, Европе, на Ближнем Востоке, и в Австралии. Эти системы различаются по мощности, степени автоматизации, и сокращению объема, но все они используют один или несколько следующих методов:

- нагревание отходов минимум до 90–95 °С посредством микроволновых печей, радиоволн, горячего масла, горячей воды, пара, или перегретых газов;
- обработку отходов химикалиями типа гипохлорита натрия или диоксида хлора;
- обработку отходов горячими химикалиями;
- обработку МО источником радиации.

Химические утилизаторы

В химических утилизаторах измельченные или не измельченные МО подвергаются воздействию обеззараживающих химических веществ, в результате чего утрачивают свою эпидемиологическую опасность. Существует несколько способов нейтрализации отходов с помощью различных химических веществ. Однако, в основном эти способы не нашли практического применения, т. к. получаемый продукт нуждается в дальнейшей нейтрализации – решая задачу эпидемиологической

безопасности, такие утилизаторы создают токсикологические проблемы. Например, некоторые компании предложили использовать для обработки отходов негашеную известь. Это - Matrix в Австралии и Positive Impact Waste Solutions в США (г. Одесса, Штат Техас). Предлагаемый процесс способен обработать все формы отходов, включая патологоанатомический материал, но основной его проблемой является конечный продукт с высоким pH (10.5–11), который сам по себе является опасным отходом.

Наиболее удачной разработкой можно считать химический утилизатор Стеримед-1 (Sterimed-1) и его уменьшенный вариант Стеримед-юниор (Sterimed-junior) (Израиль) (рисунок 62).

В этих аппаратах происходит механическое измельчение загружаемых отходов (что делает их непригодными для повторного использования) с одновременной обработкой дезинфицирующей жидкостью Стерицид (Stericid), состоящей из глутарового альдегида, составов четвертичного аммония и алкоголя.

За один цикл продолжительностью 15–20 минут установка Стеримед–1 способна переработать около 70 литров исходных отходов. Выгрузка в предварительно подставленную емкость происходит автоматически, обработанный дезинфектант сепарируется и сливается в канализацию.



Стеримед-1



Стеримед-юниор

Рисунок 62 - Аппараты Стеримел-1 и Стеримед-юниор.

Установки перерабатывают практически любые медицинские отходы, кроме биологических. Большие количества стеклянных и пластиковых отходов выводят из строя измельчитель.

Среди достоинств такого способа переработки отходов надо отметить сравнительно небольшие габариты оборудования, отсутствие образования в ходе обеззараживания токсических веществ (хотя дезинфектант сам по себе токсичен) и значительно меньшую, по сравнению с инсинераторами, стоимость. Стеримед можно установить в сравнительно небольшом помещении, для его обслуживания достаточно пройти инструктаж у поставщика.

Главными недостатками химических утилизаторов являются:

- необходимость постоянного использования дорогого запатентованного дезинфектанта;

- повышенный шум при работе аппарата;
- высокая влажность отходов на выходе;
- дороговизна технического обслуживания и запасных частей (например, измельчителя).

Термохимические утилизаторы.

Термохимические установки сочетают нагревание отходов с обработкой их дезинфицирующими составами. Для обезвреживания МО в мире широко используется установка Ньюстер (Newster) (Италия), в которой загруженные в реакционную камеру отходы измельчаются быстро вращающимися в горизонтальной плоскости массивными острыми ножами (рисунок 63). Одновременно, за счет трения измельчаемых отходов о стенки камеры, происходит их нагревание до 150 – 160 °С. При этом в камеру впрыскивается раствор гипохлорита натрия (NaClO).



Рисунок 63 - Установка Ньюстер в полной комплектации (синий бочонок - сборник переработанных отходов).

(Источник - <http://www.din.kai.ru/catalog/?pid=9568>).

Обеззараживание отходов происходит вследствие их нагрева и контакта с продуктами распада гипохлорита (газообразным хлором и окисью хлора). К недостаткам применения таких устройств можно отнести:

- токсичность и взрывоопасность выделяющихся газов обуславливают необходимость оснащения установки мощными газоочистными и вентиляционными устройствами;
- значительную дороговизну сменяемых ножей, которые быстро выходят из строя;
- раздражение слизистых оболочек у обслуживающего персонала;
- повышенную шумность установки в процессе работы;
- ограничение содержания в перерабатываемых отходах стекла и пластика, которые быстро выводят из строя измельчающие ножи.

К достоинствам этого аппарата стоит отнести хорошую производительность (100–130 литров перерабатываемых отходов в час) и высокую степень измельчения, а следовательно, и уменьшения объема отходов (при условии исправности

измельчающих ножей).

Ньюстер предназначен для переработки обычных несортированных медицинских отходов классов Б и В (за исключением значительных количеств биомассы и токсических отходов). Принцип действия аппарата приведен на рисунке 64.

К термохимическим утилизаторам условно можно отнести и установки, принцип обеззараживания которых построен на свойстве микроволнового (сверхвысокочастотного - СВЧ) излучения (рисунок 65).

При их использовании требуется предварительное измельчение и увлажнение отходов для получения высокой температуры (95 °С или больше).

Для увлажнения применяют специальный сенсibiliзирующий раствор, содержащий поверхностно-активные вещества, разрушающие клеточную стенку микроорганизмов и усиливающие воздействие тепла.

За рубежом СВЧ-установки являются одним из звеньев эффективной системы переработки и удаления МО.

После обработки в таких установках отходы вывозятся, подвергаются сортировке и дальнейшей переработке или уничтожению.

Минусом данной установки является отсутствие в комплекте поставки измельчителя (шредера) и сепаратора жидкости.

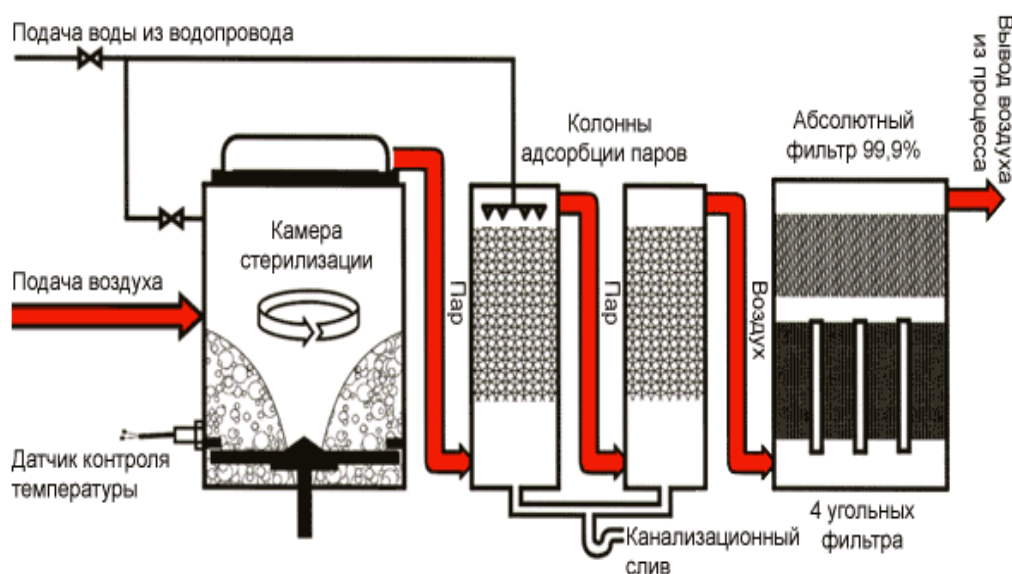


Рисунок 64 - Принцип действия установки Ньюстер.

(Источник - <http://www.din.kai.ru/catalog/?pid=9568>).

Стерилизаторы.

Первый паровой стерилизатор был построен в 1876 году Чарльзом Чамберландом. С тех пор автоклавы широко применяются в медицинских лабораториях и промышленности и используются для стерилизации хирургических инструментов, медицинских устройств, термостабильных жидкостей.



Рисунок 65 - СВЧ-установка УОМО-01/150 (разработана Обнинским «Центром Науки и Технологий»).

Основными недостатками применения автоклавирования в обработке отходов является то, что стандартные автоклавы не могут использоваться из-за сложности в разработке механизма загрузки и выгрузки неупакованных отходов, а обработка в автоклаве упакованных в мешки или иные емкости отходов не имеет смысла, так как в этом случае к отходам не проникает водяной пар.

Кроме того, требуется дополнительно приобретать измельчающие устройства, для того чтобы исключить возможность повторного использования компонентов отходов. Однако, данная технология широко используется в комбинированных системах.

Тем не менее, даже с многочисленными доступными альтернативами, автоклавы стали одним из самых популярных методов обработки отходов в здравоохранении. Наиболее популярными являются установки французского производства – утилизаторы марки «Т» (в России известна под маркой «ЭКОС») компании Ecodas и утилизатор Стерифлэш (Steriflash) компании Technologies Environnement et Medical (Т.Е.М) (рисунок 66).

Принцип работы установок состоит в комбинированном использовании измельчителя шредерного типа и парового стерилизатора. Исходные несортированные отходы классов Б или В при загрузке измельчаются и обрабатываются насыщенным водяным паром при температуре 135°C и давлении внутри рабочей камеры в 3 бара. В результате образуются стерильные отходы класса А. Процесс не имеет побочных отходов и выбросов, загрязняющих атмосферу.

Испытаниями установлено, что в результате обработки паром погибают все известные виды микроорганизмов (грам-положительные и грам-отрицательные микробы, в том числе споровые формы, грибы и вирусы) и отходы утрачивают возможность повторного использования в связи с их механической деструкцией.



Установка Т-300 (ЭКОС – 300)



Установка Стерифлэш

Рисунок 66 - – Установки Т-300 (ЭКОС – 300) и Стерифлэш.

В паровых утилизаторах можно перерабатывать изделия из пластика, изделия из стекла, изделия из резины (латекса), дерева, бумаги и картона, перевязочные материалы, одноразовые инструменты (скальпели, бритвы, ланцеты, ножницы), чашки Петри, шприцы, иглы, коробки из под игл, гигиенические прокладки, пленки (памперсы), емкости для крови и мочи и им подобные, а также другие виды отходов, за исключением содержащих ртуть и другие токсические компоненты, массивных металлических деталей, источников радиации, телефонных справочников и других толстых книг, а также значимых количеств биомассы.

Установка «ЭКОС» обладает высокой производительностью - она способна обслуживать многопрофильную ЛПО мощностью 500 – 600 коек.

Эти установки разработаны и выпускаются в соответствии с европейскими требованиями безопасности, оснащены многоуровневыми защитными устройствами; они не требуют практически никаких расходных материалов, кроме воды и электроэнергии. Однако, Стерифлэш потребляет жидкий бактерицид, но в минимальных количествах (2–3 мл/цикл) и только для орошения загрузочного бункера перед открытием верхней крышки – это один из элементов системы обеспечения безопасности персонала. Немаловажным является также то, что алгоритм процесса обеззараживания в этих установках не позволяет отходам обойти процесс обработки.

Таким образом, отличительными особенностями паровых утилизаторов являются:

- легкость подключения и управления;
- высокая безопасность для персонала;
- высокая экономическая эффективность;
- отсутствие необходимости в расходных материалах;
- переработанные отходы не инфицированы и не токсичны согласно международным стандартам;
- переработанные отходы невозможно идентифицировать и использовать повторно;
- значительно уменьшается объем и масса отходов;
- в ходе переработки не образуются опасные или ядовитые побочные

продукты;

- процесс переработки является экологически приемлемым;
- установка имеет автоматический контроль и отказоустойчивые механизмы;
- отходы не могут миновать процесс обработки.

Сравнительная характеристика вышеперечисленных методов приведена в таблице 5.

Таблица 5 - Сравнение технологий обеззараживания отходов ЛПО классов Б и В.

Тип технологии	Преимущества	Недостатки
Обработка паром под давлением (автоклавирование)*	- полное уничтожение инфекционного начала; - высокая производительность; - отсутствие загрязнения атмосферы, почвы и водного бассейна;	- высокие капитальные и эксплуатационные затраты; - наличие высококвалифицированного персонала; - отходы после обеззараживания имеют узнаваемый вид;
Микроволновая обработка *	- проста в подключении; - низкая стоимость; - отсутствие загрязнения атмосферы, почвы и водного бассейна	- требуется предварительная сортировка отходов; - отходы после обеззараживания имеют узнаваемый вид;
Химическая дезинфекция с измельчением	- высокая производительность; - низкие энергозатраты; - значительное уменьшение объема отходов	- не гарантируется полное уничтожение инфекционного начала; - требуется квалифицированный персонал; - используются токсические агенты, которые требуют дополнительных мер безопасности
Пиролиз (сжигание)	- полное уничтожение инфекционного начала - высокая производительность - значительное уменьшение объемов отходов	- избыточная мощность установки для 1 ЛПУ; - наличие токсических выбросов в атмосферу

* - возможна установка дополнительного оборудования (измельчителя), что сделает отходы неидентифицируемыми.

Утилизация ртути содержащих отходов.

К ртути содержащим отходам относятся:

- некондиционная, металлическая ртуть, ее остатки, ртутьсодержащий стеклобой, включая стеклянные термометры;
- отработанные лампы – энергосберегающие, люминесцентные, ДРЛ, бактерицидные, а также трубки и бракованные элементы;
- LCD-мониторы, ЖК-панели телевизоров, другие устройства, содержащие ртуть, которые пришли в негодность;
- люминесцентные лампы с люминофором (в том числе лампы для соляриев);
- тара и чехлы для сбора и временного хранения всех типов ртути содержащих ламп, включая демеркуризационный комплект;

- канистры для сбора медицинских термометров.
- выключатели ртутьсодержащие (освещение, холодильники, морозильные камеры, другие бытовые приборы);
- термостаты ртутьсодержащие;
- коммерческое / промышленное оборудование для обогрева и охлаждения;
- газовые устройства ртутьсодержащие с контрольными лампами и датчиками пламени;
- манометры ртутьсодержащие / барометры;
- ртуть в трубах в стоматологических кабинетах в виде амальгамы.

В составе люминесцентной лампы содержится от 0 до 300 мг ртути. Большая часть негодных к использованию ламп, а это десятки миллионов в год, попадает на свалки. Стекланные колбы разрушаются – пары ртути выходят в атмосферу. Вместе с батареями и аккумуляторами на полигоны также попадает около 40 тонн ртути за год.

Разбитые градусники, люминесцентные лампы, другие изделия такого типа на предприятиях собирают в герметичные полиэтиленовые мешки и транспортируют на утилизацию ртутьсодержащих отходов. Основная задача – обезвредить пары ртути.

Методы утилизации и обезвреживания ртутьсодержащих отходов приведены на рисунке 67.

Наиболее распространенный способ переработки отработанных ртутных ламп - термическая демеркуризация, основанная на испарении ртути под действием высоких температур и последующей конденсации ее паров.

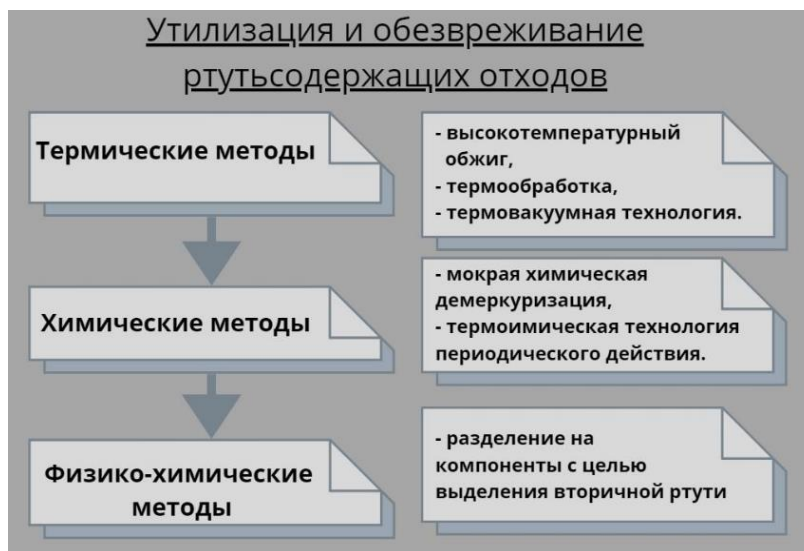


Рисунок 67 - Методы утилизации и обезвреживания ртутьсодержащих отходов.

(Источник - <https://ecoproverka.ru/utilizatsiya-othodov/>)

Метод обеспечивает соблюдение санитарных норм как на выбросы в атмосферу в процессе переработки ламп, так и на концентрацию ртути, содержащейся в продуктах их переработки - стеклобое и ломе цветных металлов. Остаточное содержание ртути в продуктах переработки после демеркуризации составляет не более 1 мг/кг. Извлеченная в процессе демеркуризации ртуть с концентрацией 30–70%

должна направляться затем на дальнейшую переработку.

Существуют и другие способы обезвреживания и переработки ртутьсодержащих ламп, в частности, технология водной отмывки, реагентные и другие. Однако пока они не получили широкого распространения.

На начальном этапе отходы разделяют на компоненты – стекло, цоколи ламп, жидкости, металлы, ртутьсодержащий люминофор. Затем подвергают утилизации по одной из технологий:

- Термическая демеркуризация с получением ртутьсодержащего шлама.

Под действием высокой температуры в печи пары опасного вещества конденсируются в виде ступпы – смеси капель ртути с пылью руды. После повторного обжига ртутьсодержащий шлам переходит в мелкодисперсное состояние. Его очищают и разливают по баллонам. В дальнейшем продукт переработки используется для производства хлорида или фосфата ртути, других соединений.

Термическая демеркуризация ртути – самый дешевый и популярный способ утилизации в нашей стране

Реагентная демеркуризация растворами перманганата калия, хлорного железа, препаратами на основе йода, сульфида натрия и др.

Раздробленные ртутьсодержащие изделия обрабатывают химическими демеркуризаторами – ртуть переводится в трудно растворимые соединения.

Вакуумная дистилляция с криоконденсацией паров и получением металлической ртути чистотой не менее 95 %.

Отходы попадают в вакуум, где опасный пар конденсируется. Его вымораживают жидким азотом. Собранная металлическая ртуть размораживается и стекает в приемник.

Противоточная продувка с получением концентрата ртути.

Ртутьсодержащие фракции поступают в печь, а газовые выбросы из нее – в систему очистки. После противоточной продувки отходы полностью очищаются от остаточных загрязнений ртутью. Конечная продукция – цементно-люминесцентные блоки, упакованные в мешки из полиэтилена, ртутный концентрат и стеклобой.

Несмотря на то, что термическая демеркуризация обходится относительно недорого, а на выходе дает сырье для повторного использования, у технологии есть и минусы. Высокие температуры увеличивают риски возгорания, поэтому и требования к безопасности очень высоки, необходимо специальное защитное оборудование.

Основные направления утилизации ртутьсодержащих отходов:

- демеркуризация растворами хлорного железа, перманганата калия, препаратов на основе йода, сульфида натрия и др.;

- вакуумная дисцилляция отходов с криогенной конденсацией паров ртути с получением металлической ртути;

- термическая демеркуризация отходов с получением ступпы;

- метод противоточной продувки с получением концентрата ртути.

Технология вакуумной дистилляции РСО.

Технология вакуумной дистилляции ртутьсодержащих отходов включает:

- загрузку отходов в камеру;

- нагрев отходов под вакуумом;

- криоконденсацию паров ртути;
- выгрузку демеркуризованных отходов.

Конечная продукция – ртуть металлическая чистотой не менее 95%.

Процесс вакуумной дистилляции ртутьсодержащих отходов реализован фирмой ФИД-Дубна на установке УРЛ-2м (рисунок 68).

Принцип действия установки основан на сильной зависимости давления насыщенного пара ртути от температуры. Обрабатываемые лампы разрушаются в камере установки, нагреваются до температуры быстрого испарения ртути, а пары ртути откачиваются вакуумной системой установки через низкотемпературную ловушку (НТЛ), на поверхности которой происходит конденсация ртути, стекающей в сборник в виде жидкого металла после размораживания ловушки.



Рисунок 68 – Общий вид установки УРЛ-2м.

(Источник - https://ucp.by/university/news/novosti-partnerov/mariya-kanina-o-demerkurizatsii-rtutsoderzhashchikh-materialov1/?special_version=Y)

Сочетание вакуумного принципа отгонки с криогенной технологией конденсации паров ртути на поверхности ловушки позволяет достичь высокой скорости демеркуризации отходов, низкой остаточной концентрации ртути в отходе при очень низком уровне концентрации паров ртути в выхлопных газах установки (на уровне ниже ПДК ртути для жилой зоны).

Продуктом процесса демеркуризации является металлическая ртуть, которая может быть повторно использована в промышленном производстве. Оставшийся после удаления ртути стеклобой может утилизироваться на полигонах твердых бытовых отходов или промышленных отходов (в зависимости от остаточного содержания ртути). Температура демеркуризации в установке достигает 450°C. Поскольку обрабатываемые лампы содержат кроме ртути большое количество органических материалов (мастика, текстолит, загрязнения), скорость выделения из них газов термодеструкции сильно возрастает с увеличением температуры. При этом суммарный газовый поток нагружает вакуумную систему установки и повышает остаточное давление газа в демеркуриционной камере, что снижает эффективность демеркуриационного процесса. Кроме того, при снижении температуры

ограничиваются возможности установки, поскольку качество демеркуризации стекла пропорционально произведению температуры в камере на время демеркуризации, т.к. основная часть ртути (97-99%) в отработавших срок лампах находится не в виде металла, а в виде атомов ртути, сорбированных люминофором, а скорость процесса десорбции, примерно пропорциональна температуре. С учетом указанных недостатков к установке необходимо доукомплектовать систему очистки газов от продуктов деструкции полимеров и использовать достаточно дорогое оборудование, как-то: вакуумные насосы, создающие давление не выше 240 Па.

Термовакuumная технология наиболее пригодна для «чистых» отходов - термометров, тонометров, игнитронов (ртутных вентилях) и т.п. Еще один недостаток термовакuumной технологии - периодичность действия, а также невысокая надежность узлов уплотнения камеры демеркуризации.

Термические способы демеркуризации отработанных ртутных ламп основанные на нагреве стеклобоя до 450-550°C при атмосферном давлении (используются шнековые трубчатые печи), с последующей отгонке ртути и улавливанием с конденсацией её паров, дополнительно оснащают системами дожигания выделяющихся газов при температуре 800-900°C, что обеспечивает сгорание органических соединений до CO₂ и H₂O. Конечная продукция при использовании данной технологии: «ступпа» с содержанием ртути не менее 75% и ртутьсодержащий сорбент с содержанием ртути около 5%, а также отходы, которые в зависимости от применяемого технологического режима, вида ламп и их времени эксплуатации имеют различное содержание ртути, часто не дающее возможности отнести ее к 4 классу опасности.

Разработана также термохимическая технология периодического действия. По данной технологии целые (небитые) лампы нагревают, выдерживают 25 минут при температуре, обеспечивающей десорбцию ртути из стекла колбы, а затем резко охлаждают путем контакта горячей лампы в смесителе с холодным обратным раствором демеркуризатора. В качестве демеркуризатора используют серо- или йодсодержащие реагенты; при этом происходит термическое разрушение колбы, а ртуть связывается в нерастворимые малотоксичные соединения.

Технология термической демеркуризации РСО.

Технология термической демеркуризации отходов включает:

- загрузку в дробилку;
- подачу в шнековую электропечь;
- термическую демеркуризацию при температуре 550 °C;
- очистку газа от пыли и разложение органики при температуре 800-900 °C;
- конденсацию с получением ступпы;
- выгрузку отходов.

В качестве конечной продукции получается:

- ступпа с содержанием ртути не менее 75%;
- ртутьсодержащий сорбент с содержанием ртути около 5%.

Отработанные ртутьсодержащие лампы сортируют: битые лампы и горелки дуговых ламп (ДРЛ) отдельно складироваться в герметичную тару и по мере накопления передают в дробилку. Целые лампы перед демеркуризацией разбивают на компоненты (колба, горелка, арматура, цоколь, резистр).

Целые отработанные люминесцентные лампы поступают на переработку на специальный дозирующей тележке, из которой поштучно элеватором подаются в дробилку; стеклобой вместе с ртутью и металлами через отсекающий клапан подают в шнековую электропечь для термической демеркуризации (рисунок 69).



Рисунок 69 – Общий вид установки термической демеркуризации РСО .

(Источник - https://ucp.by/university/news/novosti-partnerov/mariya-kanina-o-demerkurizatsii-rtutsoderzhashchikh-materialov1/?special_version=Y)

Отсекающие клапаны обеспечивают разобщение газового пространства печи, дробилки и разгрузочного конвейера. В печи бой ламп нагревают до 550 °С, и он перемещается шнеком к выгрузочному окну.

Ртуть, перешедшая в парообразное состояние, в потоке газов поступает в фильтр-дожигатель, где происходит их очистка от пыли и разложение при 800-900 °С органики на углекислоту, газ и воду.

Очищенный газ поступает в водоохлаждаемый конденсатор, где ртуть конденсируется в шлам (ступпу).

Стеклобой через водоохлаждаемый конвейер поступает на участок обогащения для разделения на компоненты с целью дальнейшего использования в строительно-дорожных работах.

Цветные металлы (латунь) направляют на переработку. Ртутьсодержащий шлам (ступпа) и адсорбер по мере накопления в нем ртути направляют на утилизацию.

Технологический газ из конденсатора после доочистки в фильтре и двойной очистки в адсорбере выбрасывается в атмосферу. Установка работает под разрежением (50–100 Па), что позволяет избежать выбросов ртути в рабочее помещение.

Технология реагентной демеркуризации.

Технология реагентной демеркуризации ртутьсодержащих ламп включает:

- подачу ламп в ванну с рабочим раствором;
- разрушение ламп;
- демеркуризацию ламп в течение 6 часов;
- промывку отходов ламп;
- выгрузку отходов.

В качестве конечной продукции получается:

- ртутьсодержащий шлам;

- стеклобой.

Технологическая цепочка процесса (рисунок 70): неразрушенные лампы → разрушение с одновременной нейтрализацией ртути демеркуризационным раствором → разделение продуктов переработки по фракциям (ртутнолюминофорный шлам, стеклобой, алюминиевые колпачки) → отправка полученных продуктов потребителям.



Рисунок 70 – Установка демеркуризации линейных люминесцентных ртутных ламп «Сэлта-1».

(Источник - https://ucp.by/university/news/novosti-partnerov/mariya-kanina-o-demerkurizatsii-rtutsoderzhashchikh-materialov1/?special_version=Y)

Технология противоточной продувки.

Технология переработки люминесцентных ртутьсодержащих ламп методом противоточной продувки (Экотром) включает:

- загрузку ламп в специальную камеру;
- измельчение и противоточную продувку отходов на специальном устройстве;
- выгрузку отходов;
- очистку воздуха на рукавном фильтре;
- орбцию ртути.

Конечная продукция:

- твердый осадок рукавного фильтра ртути до 0,8% превращают в цементно-люминофорные блоки, которые упаковывают в мешки из ПЭ;
- ртутный концентрат;
- стеклобой.

Принцип действия так называемой «холодной и сухой» вибропневматической установки «Экотром-2» (рисунок 71) основан на разделении ртутных ламп на главные составляющие: стекло, металлические цоколи и ртутьсодержащий люминофор. Очищенные от ртути стеклобой и металлические цоколи (алюминиевые и стальные) используются как вторичное сырье.

Доставленные в специальных контейнерах (бочки из оцинкованного железа с чехлами) ртутные лампы подаются в узел загрузки.



Рисунок 71 – Вибропневматическая установка «Экотром-2».

(Источник - <https://studfile.net/preview/3166000/page:6/>)

За счет высокого разрежения в пневмо-вибрационном сепараторе лампы одна за другой непрерывно подаются в ускорительную трубу, попадают в дробилку и измельчаются до крупности стекла до 8 мм.

Цоколи отделяются от стекла на вибрирующей решетке и удаляются в сборник – технологический контейнер. Заполненный цоколями технологический контейнер направляется в демеркуризационно–отжиговую электрическую печь, газовые выбросы из которой поступают в систему очистки. В результате термической обработки цоколи полностью очищаются от остаточных загрязнений ртутью. Доочистка цоколей от ртути может быть осуществлена также на установке УРЛ-2М.

Отработанные технологические жидкости.

Кроме топлив, масел и смазок надежная работа оборудования и автотранспорта обеспечивается применением различных специальных технологических жидкостей. В зависимости от функционального назначения технологические жидкости подразделяются на рабочие и технические. Рабочие жидкости являются рабочим телом того агрегата или узла, работу которого они обеспечивают. К рабочим жидкостям относятся охлаждающие, тормозные, гидравлические, амортизационные, пусковые. К техническим относятся жидкости, не несущие рабочих функций, а применяемые для осуществления подготовительных работ: промывочные, консервационные, смазочно-охлаждающие.

Отработанное масло.

Отработанным маслом следует называть любой из видов масел, который был получен из необработанной нефти либо синтетических веществ. Смазочно-охлаждающие жидкости, трансмиссионные, моторные и другие технические масла имеют ограниченный ресурс работы. Отработанные масла теряют свои свойства и требуют регулярной замены, т.к. в результате промышленного использования оно загрязняется примесями химического либо физического содержания (например,

мусор, жидкость, стружка металла либо химические добавки). Такой продукт уже не может быть использован по назначению, поэтому нуждается в замене. Его же ждет процесс регенерации для дальнейшего применения либо подготовка к утилизации.

Технические масла применяют в промышленности и быту для смазки механизмов и в качестве рабочих жидкостей в различных гидросистемах, в электроэнергетике для изоляции и охлаждения электросилового оборудования. Обычно это нефтяные масла, содержащие противокислительные, загущающие, антикоррозийные и др. присадки, улучшающие эксплуатационные свойства масел, а также растительные масла в качестве добавок.

В процессе эксплуатации масла соприкасаются с металлами, подвергаются воздействию воздуха, температуры и других факторов, под влиянием которых с течением времени происходит изменение свойств масла: разложение, окисление, полимеризация и конденсация, обугливание, разжижение горючим, обводнение и загрязнение посторонними веществами. Перечисленные факторы действуют в комплексе и взаимно усиливают друг друга, ухудшая качество масла в процессе его эксплуатации. Так, наличие воды способствует окислению масла, а также развитию в нем биозагрязнений, которые развиваются на границе масло - вода. Механические примеси, в состав которых в большинстве случаев наряду с сажей входят металлы в виде продуктов коррозии, являются катализаторами окисления масел, в процессе которого образуются кислоты и различные смолисто-асфальтеновые соединения.

Общее содержание образующихся нежелательных примесей может составлять 5-30% в зависимости от срока и условий эксплуатации масел. Масла, содержащие загрязняющие примеси, не способны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и должны быть утилизированы и заменены свежими маслами.

Отработанные нефтяные масла (ОНМ) являются одним из существенных источников загрязнения окружающей среды - почвы, водных источников и грунтовых вод. Огромный экологический ущерб наносит слив отработанных масел в почву и водоёмы, который по данным зарубежных исследователей, превышает по объему аварийные сбросы и потери нефти при ее добыче, транспортировании и переработке. В связи с этим большое значение имеет полное или частичное восстановление качества отработанных масел (регенерация) с целью их повторного использования по прямому назначению или для иных целей.

Однако существует организационная проблема, и заключается она в налаживании правильной системы сбора ОНМ. Существующая практика показывает, что в настоящих условиях трудно рассчитывать на селективный и технологически своевременный сбор ОНМ, а, следовательно, на высокое качество получаемого исходного сырья. Как правило, это будет смесь отработанных масел и других нефтепродуктов, растворителей, промывочных жидкостей и прочих примесей. При этом необходимо учитывать, что, с одной стороны, цена такого сырья будет достаточно высокой за счет значительных затрат на организацию их сбора, а с другой, выделение из подобного сырья ценных базовых компонентов для производства товарных масел требует применения сложных, многостадийных и дорогостоящих технологий. В то же время, продукт, полученный в результате переработки, должен быть высоколиквидным на рынке, в том числе зарубежном. Количество же отходов этого

процесса должно быть минимальным и легко утилизируемым.

Все вышеописанное создает практически безальтернативную основу для применения низкоэнергоемких установок термического крекинга с получением печного топлива для малогабаритных тепловых и силовых агрегатов, широко применяемых на Западе.

Использованные масла опасны как для человека, так и для животных: они содержат полиолефины, карбены, смолы, асфальтены и механический осадок. Попадая в организм человека, они увеличивают риск развития рака, бесплодия и мутаций плода.

Основные методы утилизации отработанных масел.

Утилизация масла посредством его переработки осуществляется следующими способами (рисунок 72):

- физическими - центрифугирование, отстаивание, многоступенчатая фильтрация;
- химическими - сернокислотная обработка, щелочной гидролиз, обработка карбидом кальция;
- физико-химическими — ректификация, ионообменная фильтрация, экстрагирование, адсорбционное разделение, коагуляция;
- термохимическими;
- биологическими.



Рисунок 72 – Источники образования и направления утилизации отработанных масел.

(Источник - https://studref.com/527265/tehnika/utilizatsiya_regeneratsiya_otrabotavshih_masel)

Первый метод утилизации включает в себя несколько процессов, среди которых коагуляция, сепарирование, фильтрация и экстракция. Физико-химический способ утилизации масел является довольно популярным, так как позволяет осуществлять процесс регенерации, однако у него есть серьезный недостаток — высокая вероятность экологического загрязнения.

К термохимическому типу утилизации можно отнести каталитическое гидрирование и крекинг. Такие методы позволяют переработать отходы во вторсырье,

при этом сохранив экологическую безопасность на надлежащем уровне. Что касается минусов — сложность процесса переработки.

Биологический метод предполагает получение микробной биомассы при помощи использования отходов масел на основе нефти. Такие масла богаты углеродом природного толка, что позволяет перерабатывать отходы для дальнейшей эксплуатации.

В некоторых случаях отработанное масло утилизируют без переработки. Это наиболее простой способ избавиться от отходов, однако он характеризуется высоким уровнем загрязнения ОС. Современные технологии дают возможность значительно усовершенствовать процессы регенерации, что позволяет не только получить различные виды вторсырья, но и сохранить чистоту природы.

Переработать отработанные моторные масла совместно с нефтью на НПЗ нельзя, т.к. присадки, содержащиеся в маслах, нарушают работу нефтеперерабатывающего оборудования.

В зависимости от процесса регенерации получают 2-3 фракции базовых масел, из которых компаундированием и введением присадок могут быть приготовлены товарные масла (моторные, трансмиссионные, гидравлические, СОЖ, пластичные смазки). Средний выход регенерированного масла из отработанного, содержащего около 2–4 % твердых загрязняющих примесей и воду, до 10 % топлива, составляет 70-85 % в зависимости от применяемого способа регенерации.

Для восстановления отработанных масел применяются разнообразные технологические операции, основанные на физических, физико-химических и химических процессах и заключаются в обработке масла с целью удаления из него продуктов старения и загрязнения. В качестве технологических процессов обычно соблюдается следующая последовательность методов: механический, для удаления из масла свободной воды и твердых загрязнений; теплофизический (выпаривание, вакуумная перегонка); физико-химический (коагуляция, адсорбция). Если их недостаточно, используются химические способы регенерации масел, связанные с применением более сложного оборудования и большими затратами.

Физические методы.

К физическим методам относятся отстаивание, центрифугирование, фильтрация, перегонка. Физические методы позволяют удалять из масел твердые частицы загрязнений, микрокапли воды и частично–смолистые и коксообразные вещества, а с помощью выпаривания – легкокипящие примеси. Масла обрабатываются в силовом поле с использованием гравитационных, центробежных и реже электрических, магнитных и вибрационных сил, а также фильтрование, водная промывка, выпаривание и вакуумная дистилляция. К физическим методам очистки отработанных масел относятся также различные массо- и теплообменные процессы, которые применяются для удаления из масла продуктов окисления углеводородов, воды и легкокипящих фракций.

Отстаивание.

Отстаивание является наиболее простым методом, он основан на процессе естественного осаждения механических частиц и воды под действием гравитационных сил.

В зависимости от степени загрязнения топлива или масла и времени,

отведенного на очистку, отстаивание применяется либо как самостоятельно, либо как предварительный метод, предшествующий фильтрации или центробежной очистке. Основным недостатком этого метода является большая продолжительность процесса оседания частиц до полной очистки, удаление только наиболее крупных частиц размером 50-100мкм.

Фильтрация.

Фильтрация – процесс удаления частиц механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые перегородки фильтров. В качестве фильтрационных материалов используют металлические и пластмассовые сетки, войлок, ткани, бумагу, композиционные материалы и керамику. Во многих организациях эксплуатирующих СДМ реализован следующий метод повышения качества очистки моторных масел – увеличивается количество фильтров грубой очистки и вводится в технологический процесс вторая ступень – тонкая очистка масла.

Центробежная очистка.

Центробежная очистка осуществляется с помощью центрифуг и является наиболее эффективным и высокопроизводительным методом удаления механических примесей и воды. Этот метод основан на разделении различных фракций неоднородных смесей под действием центробежной силы. Применение центрифуг обеспечивает очистку масел от механических примесей до 0,005% по массе, что соответствует 13 классу чистоты и обезвоживание до 0,6% по массе.

Физико-химические методы.

К физико-химическим относятся методы, основанные на использовании поверхностно-активных веществ, адсорбентов и т. п. Физико-химические методы нашли широкое применение, к ним относятся коагуляция, адсорбция и селективное растворение содержащихся в масле загрязнений, разновидностью адсорбционной очистки является ионно-обменная очистка.

Коагуляция.

Коагуляция т. е укрупнение частиц загрязнений, находящихся в масле в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, осуществляется с помощью специальных веществ – коагулятов, к которым относятся электролиты неорганического и органического происхождения, поверхностно активные вещества (ПАВ), не обладающие электролитическими свойствами, коллоидные растворы ПАВ и гидрофильные высокомолекулярные соединения.

Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания и т.д. Продолжительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило 20-30 мин., после чего можно проводить очистку масла от укрупнившихся загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования.

Адсорбционная очистка.

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества

природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты).

Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом – масло перемешивается с измельченным адсорбентом, перколяционным методом – очищаемое масло пропускается через адсорбент, методом противотока – масло и адсорбент движутся навстречу друг другу. К недостаткам контактной очистки следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При перколяционной очистке в качестве адсорбента чаще всего применяется силикагель, что делает этот метод дорогостоящим. Наиболее перспективным методом является адсорбентная очистка масла в движущемся слое адсорбента, при котором процесс протекает непрерывно, без остановки для периодической замены, регенерации или отфильтрования адсорбента, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение.

Ионно-обменная очистка.

Ионно-обменная очистка основана на способности ионитов (ионно-обменных смол) задерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Иониты представляют собой твердые гигроскопические гели, получаемые путем полимеризации и поликонденсации органических веществ и не растворяющиеся в воде и углеводородах. Процесс очистки можно осуществить контактным методом при перемешивании отработанного масла с зернами ионита размером 0,3-2,0 мм или перколяционным методом при пропускании масла через заполненную ионитом колонну. В результате ионообмена подвижные ионы в пространственной решетке ионита заменяются ионами загрязнений. Восстановление свойств ионитов осуществляется путем их промывки растворителем, сушки и активации 5%-ным раствором едкого натра. Ионно-обменная очистка позволяет удалять из масла кислотные загрязнения, но не обеспечивает задержки смолистых веществ.

Селективная очистка.

Селективная очистка отработанных масел основана на избирательном растворении отдельных веществ, загрязняющих масло: кислородных, сернистых и азотных соединений, а также при необходимости полициклических углеводородов с короткими боковыми цепями, ухудшающих вязкостно-температурные свойства масел.

В качестве селективных растворителей применяются фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, различные спирты, ацетон, метил этиловый кетон и другие жидкости. Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа "смеситель - отстойник" в сочетании с испарителями для отгона растворителя (ступенчатая экстракция) или в двух колоннах экстракционной для удаления из масла загрязнений и ректификационной для отгона растворителя (непрерывная экстракция). Второй способ экономичнее и получил более широкое применение.

Разновидностью селективной очистки является обработка отработанного масла пропаном, при которой углеводороды масла растворяются в пропане, а асфальтосмолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок.

Химические методы.

Химические методы очистки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, и вводимых в эти масла реагентов. При этом в результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла. К химическим методам очистки относятся кислотная и щелочная очистки, окисление кислородом, гидрогенизация, а также осушка и очистка от загрязнений с помощью окислов, карбидов и гидридов металлов. Наиболее часто используются следующие.

Сернокислотная очистка.

По числу установок и объему перерабатываемого сырья на первом месте в мире находятся процессы с применением серной кислоты. В результате сернокислотной очистки образуется большое количество кислого гудрона – трудно утилизируемого и экологически опасного отхода. Кроме того, сернокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических ароматических углеводородов и высокотоксичных соединений хлора. Нельзя также регенерировать серной кислотой современные масла, совместимые с окружающей средой (растительные и синтетические сложные эфиры), поскольку серная кислота разлагает их, что, в частности, увеличивает выход кислого гудрона. В нашей стране сернокислотную очистку сейчас практически не применяют.

Второе место по объему промышленного применения занимают процессы с использованием в качестве основной стадии сорбционной очистки (контактным или перколяционным способом). Наиболее широко такую технологию применяют на небольших предприятиях в США. В качестве сорбентов широко используют активированные глины. Масла, полученные данным методом, как правило, смешивают со свежими порциями и вводят небольшое число присадок.

Недостатки данного процесса заключаются в отсутствии контроля вязкости и фракционного состава получаемого продукта, а также в значительных потерях масла с сорбентом. Возникают трудности и с утилизацией большого количества отработанного сорбента, представляющего опасность для окружающей среды. Синтетические же сорбенты, обладающие высокой термической стабильностью, дающей возможность их регенерации, достаточно дороги.

Сорбционную очистку заменяют гидрогенизационными процессами. Однако и в этом случае сорбенты необходимы для защиты катализаторов гидроочистки от преждевременной дезактивации металлами и смолистыми соединениями. По числу установок и объему перерабатываемого сырья на первом месте в мире находятся процессы с применением серной кислоты. В результате сернокислотной очистки образуется большое количество кислого гудрона - трудно утилизируемого и экологически опасного отхода. Кроме того, сернокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных соединений хлора.

Гидроочистка.

Гидрогенизационные процессы все шире применяются при вторичной переработке отработанных масел. Это связано как с широкими возможностями получения высококачественных масел и увеличения их выхода, так и с большей экологической чистотой этого процесса по сравнению с сернокислотной и адсорбционной очисткой.

Недостатки процесса гидроочистки – потребность в больших количествах водорода, а порог экономически целесообразной производительности (по зарубежным данным) составляет 30-50 тыс. т/год. Установка с использованием гидроочистки масел, как правило, размещается непосредственно на соответствующем нефтеперерабатывающем заводе, имеющем излишек водорода и возможность его рециркуляции.

Для очистки отработанных масел от полициклических соединений (смолы), высокотоксичных соединений хлора, присадок и продуктов окисления применяются процессы с использованием металлического натрия. При этом образуются полимеры и соли натрия с высокими температурами кипения, что позволяет отогнать масло. Выход очищенного масла превышает 80 %. Процесс не требует давления и катализаторов, не связан с выделением хлор- и сероводородов. Несколько таких установок работают во Франции и Германии.

Процессы с применением натрия и его соединений.

Для очистки отработанных масел от полициклических соединений (смолы), высокотоксичных соединений хлора, продуктов окисления и присадок применяются процессы с использованием металлического натрия. При этом образуются полимеры и соли натрия с высокой температурой кипения, что позволяет отогнать масло. Выход очищенного масла превышает 80 %. Процесс не требует давления и катализаторов, не связан с выделением хлоро- и сероводорода. Несколько таких установок работают во Франции и Германии. Среди промышленных процессов с использованием суспензии металлического натрия в нефтяном масле наиболее широко известен процесс Resyclon (Швейцария). Процесс Lubrex с использованием гидроксида и бикарбоната натрия (Швейцария) позволяет перерабатывать любые отработанные масла с выходом целевого продукта до 95 %.

Для регенерации отработанных масел применяются разнообразные аппараты и установки, действие которых основано, как правило, на использовании сочетания методов (физических, физико-химических и химических), что дает возможность регенерировать отработанные масла разных марок и с различной степенью снижения показателей качества.

Необходимо отметить, что при регенерации масел возможно получать базовые масла, по качеству идентичные свежим, причем выход масла в зависимости от качества сырья составляет 80-90%, таким образом, базовые масла можно регенерировать еще по крайней мере два раза., но это возможно реализовать при условии применения современных технологических процессов.

Одной из проблем, резко снижающей экономическую эффективность утилизации отработанных моторных масел, являются большие расходы, связанные с их сбором, хранением и транспортировкой к месту переработки.

Организация мини-комплексов по регенерации масел для удовлетворения потребностей небольших территорий (края, области или города с населением 1-1,5 млн. человек) позволит снизить транспортные расходы, а получение высококачественных конечных продуктов - моторных масел и консистентных смазок, приближает такие мини-комплексы по экономической эффективности к производствам этих продуктов из нефти.

В ряде случаев для регенерации отработанные масла смешиваются с сырой

Затем из автоклава-отстойника масло поступает во второй испаритель 23 для удаления следов воды. С нижней его части масло насосом 24 через теплообменник 27 и холодильник 28 перекачивается в контактную мешалку 6, а затем - в фильтр-пресс 9 для проведения контактной доочистки отбеливающей глиной и удаления механических примесей с размером частиц более 1—2 мкм. Очищенное масло поступает в двухсекционную емкость 5, откуда насосом 4 перекачивается в емкости регенерированного масла либо возвращается на повторную очистку. Для получения технологических масел предусмотрен фильтр тонкой очистки 29. В этом случае масло после испарителя 23, минуя контактную мешалку 6 и фильтр-пресс 9, подается на фильтр тонкой очистки 29, затем — в двухсекционную емкость 5, откуда перекачивается в резервуары регенерированного масла.

Регенерация отработанных промышленных и трансформаторных масел производится в основном на местах их потребления. Для этого разработаны различные варианты маслорегенерационных установок: УРИМ-0,8; УРИМ-10; УРТМ-200М; УФСН-1 и др. Для регенерации масел холодильных машин используется установка УРМХМ-1,6.

Однако продукты физико-химических превращений масла и примеси, попадающие извне, составляют незначительную часть в общем объеме отработанных технических масел и при помощи определенных методов могут быть удалены. Обычно современные технологические процессы восстановления качества отработанных нефтяных масел с целью их последующего использования по прямому назначению являются многоступенчатыми и в общем виде включают этапы, представленные на рисунке 74.

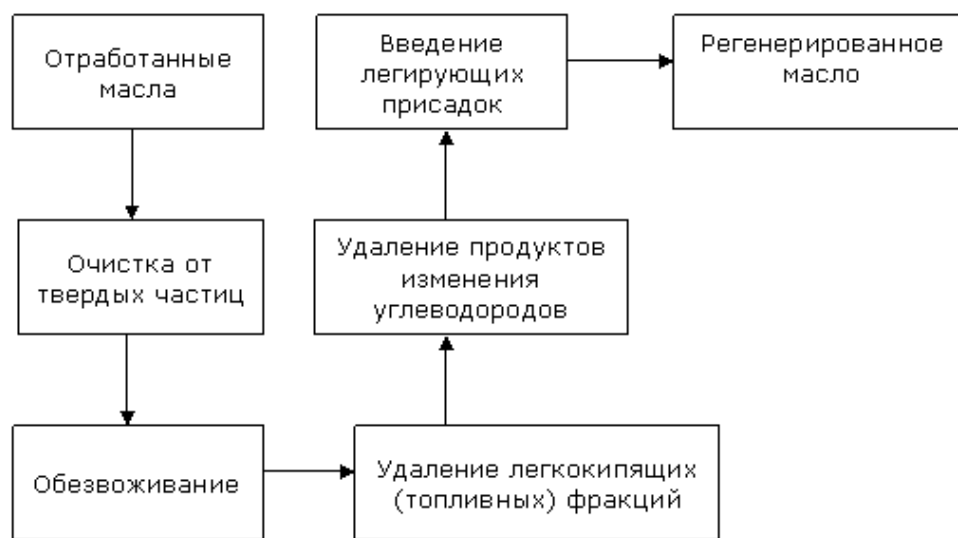


Рисунок 74 – Стадии процесса регенерации отработанных технических масел.

(Источник - https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=119)

Отдельные этапы процесса регенерации отработанных масел могут исключаться, совмещаться или выполняться в иной последовательности в зависимости от конкретных физико-химических свойств регенерируемого масла и особенностей технологических операций, выбранных для восстановления качества этого масла.

В настоящее время для регенерации отработанных масел используют

физические, физико-химические и химические методы. Основные из этих методов и применяемое при их реализации технологическое оборудование представлены в таблице 6.

Малогабаритные регенерационные установки.

Исследования показали, что наиболее эффективным средством восстановления качества отработанных масел являются малогабаритные регенерационные установки. Применение таких установок позволяет производить регенерацию отработанных масел в местах их потребления и, таким образом, исключается транспортировка отработанных масел на пункты переработки, что связано со значительными потерями масла и загрязнением окружающей среды.

Таблица 6. Методы и оборудование для регенерации отработанных технических масел.

Методы	Используемые технологии	Оборудование
Физические	Воздействие силовых полей (гравитационного, центробежного, электрического, магнитного)	Отстойники Гидроциклоны Центрифуги Электроочистители Магнитные очистители
	Фильтрация через пористые перегородки	Фильтры Фильтры-водоотделители
	Теплофизические технологии (нагревание, выпаривание, водная промывка, атмосферная и вакуумная перегонка и т.п.)	Выпарные колонки Вакуумные дистилляторы Массообменные аппараты
	Комбинированные технологии	Гидродинамические фильтры Фильтрующие центрифуги, магнитные фильтры Трибоэлектрические очистители
Физико-химические	Коагуляция	Смесители-отстойники
	Сорбция	Адсорберы
	Ионообменная очистка	Ионообменные аппараты
	Экстракция	Экстракторы
Химические	Сернокислотная очистка	Кислотные реакторы
	Щелочная обработка	Щелочные реакторы
	Гидрогенизация	Гидрогенизаторы
	Обработка карбамидами металлов	Реакторы-смесители

Кроме того, при этом обеспечивается сбор и переработка масел по сортам и маркам, что является непременным условием получения качественных продуктов после регенерации.

Главной трудностью при создании малогабаритных регенерационных установок являются выбор достаточно эффективного, экологически безопасного и экономически оправданного способа регенерации отработанных масел, а также его аппаратного оформления.

Указанные установки должны отвечать следующим требованиям:

- иметь ограниченные габаритные размеры и массу, для облегчения

транспортирования к местам потребления масел;

- обладать универсальностью, т.е. способностью регенерировать отработанные масла различных сортов и марок без существенных изменений технологического регламента;

- не иметь в конструкции сложных узлов и агрегатов, требующих высокой профессиональной подготовки обслуживающего персонала и значительных трудозатрат при техническом обслуживании и ремонте;

- не использовать при осуществлении технологических операций вредных, токсичных и ядовитых веществ, а также не допускать их образование в результате проведения этих операций.

В существующих регенерационных установках на начальных этапах восстановления качества отработанных масел применяются физические процессы, позволяющие удалить из масла твердые загрязнения, воду и легкокипящие фракции, затем используются физико-химические методы (главным образом коагуляция и адсорбция), а при необходимости используются химические методы регенерации, которые чаще применяются в заводских условиях.

Такая многоступенчатость приводит к усложнению технологии регенерации, требует применения крупногабаритного и металлоемкого оборудования, а также использования разнообразных расходных материалов. Поэтому при создании регенерационной установки для использования на транспорте, в сельском хозяйстве, в строительстве и т.п. основной задачей является сокращение количества технологических операций, что позволит упростить конструкцию установки, уменьшить ее габаритные размеры и массу, облегчить работу обслуживающего персонала.

Регенерация на ходу.

Особый интерес представляет способ регенерации моторного масла непосредственно в процессе его эксплуатации. Одной из форм этого способа является ввод трибохимического восстановителя (ТХВ), состоящего из щелочных реагентов и кристаллического йода, в смазочную систему двигателя внутреннего сгорания. Основной идеей использования трибохимических восстановителей в системах смазки механизмов является достижение эффекта «безызносности» трущихся поверхностей деталей при одновременном восстановлении и стабилизации физико-химических свойств смазочных масел путём создания саморегулирующейся и самовосстанавливающейся системы (например, двигатель и циркулирующее в нём масло).

Первым действием, не имеющим специфического характера, будет являться нейтрализация щелочным реагентом карбоновых кислот с образованием натриевых солей органических кислот, которые являются моюще-диспергирующими и антидепрессорными присадками.

Вторым, специфическим действием данной композиции на моторное масло является прерывание йодом цепочки образования кислот, причем йод в результате химических реакций возвращается в кристаллическую форму, выступая, таким образом, как ингибитор полимеризации и окисления моторного масла.

Циркулирующее масло, взаимодействуя с элементами трибохимического восстановителя, восстанавливает и стабилизирует свои физико-химические свойства и одновременно становится носителем модификаторов трения, которые обеспечивают образование противоизносных, противокоррозионных, и антифрикционных

покрытий различного состава на поверхностях пар трения и внутренних поверхностях деталей механизмов.

В качестве щелочных реагентов могут использоваться сплавы натрия и олова ($\text{Na}+\text{Sn}$) или смеси ($\text{NaOH} + \text{SnO}_2$) с введением в них различных по свойствам модификаторов трения и установкой дозатора йода. Лабораторные и моторные исследования по воздействию данной композиции на моторные масла показали возможность длительной стабилизации их физико-химических свойств на высоком уровне. При этом, наряду с традиционно измеряемыми показателями (например, вязкость и щелочное число) изучалось и содержание в масле различных продуктов окисления, непредельных соединений и хелатных соединений олова.

При введении в смазочную систему ТХВ достигается определенная последовательность сопряженных химических реакций циклического характера. Устойчивое их протекание создает единый самоорганизующийся процесс метаболического типа, когда начальные и конечные продукты отдельных реакций постоянно участвуют в едином круговороте превращений. Необратимые потери, возникающие в этом механизме за счет частичного выгорания масла и образования пленок, восполняются дозированным вводом реагентов в реакторное пространство двигателя.

Уровень стабилизации физико-химических свойств моторного масла, таких как щелочное число, вязкость, моюще-диспергирующие свойства, можно задавать и изменять, варьируя временем контакта масла с реагентами и температурой в месте контакта.

Трибохимические восстановители могут быть разработаны и применены для систем смазки дизельных и карбюраторных двигателей внутреннего сгорания, станков и других механизмов, имеющих циркуляционную систему смазки. Применение ТХВ позволяет использовать низкосортные масла и обеспечивать на некоторое время работу двигателя при недостаточном поступлении масла к узлам трения (масляное голодание). Также возможно совмещение ТХВ с регенерированными маслами и, учитывая уровень восстановления эксплуатационных свойств моторных масел, изучается возможность использования ТХВ в составе регенерационных установок для повышения щелочного числа и образования моюще-диспергирующих присадок.

Биологические методы.

Выращивание биомассы.

Отработанные нефтепродукты (смазочно-охлаждающие жидкости, машинные и моторные масла), не подлежащие регенерации и вторичному использованию, а также остаточные нефтепродукты (котельное топливо, смазочные мазуты, гудроны, вазелины) и другие нефтепродукты кубового остатка можно утилизировать с помощью биологических методов и таким образом получить серию ценных биопрепаратов и физиологически активных соединений. Технология основана на выращивании микробной биомассы на отходах нефтепродуктов, являющихся источниками органического углерода. Конечным продуктом биотрансформации является микробная масса, которая может быть использована для различных целей. Во-первых, нативную биомассу в виде суспензии, пасты или порошка применяют в качестве активных и эффективных биопрепаратов для очистки объектов окружающей среды от загрязнений нефтью и другими экотоксикантами. После инактивации микробная

масса используется в качестве эффективного удобрения в парково-декоративном и цветоческом хозяйстве, а также в качестве компонентов компостов, применяемых для повышения урожайности технических культур. Во-вторых, микробная масса является идеальным и дешевым вторичным химическим сырьем для получения серии ценных и дорогостоящих физиологически активных соединений (аминокислот, протеинов, ферментов, витаминов, липидов, лекарственных препаратов и т.д.). Такая технология может быть реализована на вновь создаваемых предприятиях, на простаивающих ныне заводах по производству кормовых добавок на основе парафинов или в виде маломодульных установок непосредственно в местах скопления нефтепродуктов.

Термические методы.

Термический крекинг.

В процессе термического крекинга и дистилляции отработанные гидравлические жидкости, моторные и смазочные масла преобразуются в полноценное топливо, подобное дизельному, которое может использоваться для отопления зданий и сооружений. Технология характеризуется высокой эффективностью выхода целевого продукта, который достигает 75-85% от количества перерабатываемого сырья, а также небольшим количеством отходов (кокс и вода). В качестве сырья используются только отработанные масла, и имеется возможность изменения характеристик конечного продукта в зависимости от целей его применения.

Отработанное масло собирается в приемной емкости отделения приема и усреднения отработанного масла, где оно перемешивается и нагревается. Усредненное и подогретое масло подается в выпарной аппарат отделения обезвоживания, в котором при температуре 110°C и вакууме происходит отделение масла от воды и легкокипящих углеводородов (в основном, фракций бензина). Пары воды и бензина после конденсации разделяются в отделении очистки водного дистиллята. Бензин и вода после дополнительной доочистки реализуются как товарные продукты. Обезвоженное масло с содержанием воды не более 1% подается в отделение термического крекинга. В котле крекинга при температуре 380-420°C без доступа воздуха происходит деструкция молекул высококипящих углеводородов с образованием более легких углеводородов, входящих в состав печного топлива и бензина, и их испарение. Одновременно с этим процессом из котла непрерывно удаляются неразложившиеся высококипящие углеводороды, образующие битумную фракцию в количестве 8-12% от массы перерабатываемых масел.

Пары углеводородов и газы крекинга, проходя через установленный на котле дефлегматор, охлаждаются до температуры 270°C и поступают в конденсатор. Здесь происходит конденсация и разделение продуктов крекинга на фракции бензина и печного топлива. Несконденсированные пары углеводородов и газы крекинга подаются на высокотемпературное сжигание. Бензин после отделения от него воды в сепараторе реализуется как товарный продукт. Печное топливо откачивается в отделение стабилизации, где в стабилизаторе в присутствии небольшого количества стабилизирующего вещества отстаивается в течение некоторого времени. Последующая очистка печного топлива от шлама осуществляется в высокоскоростной центрифуге и на адсорбционном фильтре. Очищенное печное топливо является основным товарным продуктом такого производства.

Единственным отходом технологического процесса является небольшое (около 0,5%) количество кокса, который периодически удаляется из котла крекинга. При коксовании происходит связывание содержащихся в ММО вредных веществ в нетоксичную форму, пригодную для захоронения.

К преимуществам такой технологии относятся: простота технологического процесса и его аппаратного оформления; возможность переработки широкого спектра отработанных масел с предъявлением ограниченных требований к их качеству; малоотходность и экологическая безопасность производства; получение с высоким выходом основного товарного продукта - печного топлива; ограниченная площадь размещения производства и его полная автоматизация; сравнительно небольшой объем капиталовложений.

СОЖ, эмульсии.

На машиностроительных и металлургических предприятиях при обработке и прокатке металла применяются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), которые являются эмульсиями масла в воде. Масляные эмульсии — это коллоидные двухфазные системы, в которых одна жидкость (масло) диспергирована в виде капелек в другой жидкости (воде).

Современные технологии обработки материалов, оборудование высокой мощности позволяют проводить интенсивные процессы резания, выдавливания, прокатки, штамповки, сверления, шлифования и другие. Подводимая высокая мощность, высокие статические и динамические нагрузки вызывают разогрев деформируемых материалов, что может приводить к снижению качества обработки, к порче инструмента, оснастки и оборудования.

Использование СОЖ позволяет снижать температуру в зоне обработки до приемлемой за счёт теплообмена и, достаточно часто, за счёт парообразования. Наличие у СОЖ смазывающих свойств снижает трение в зоне обработки, фрикционный износ инструмента, значительно снижает вероятность задира и повреждения поверхностей обрабатываемых деталей и инструмента. В общем случае использование СОЖ позволяет увеличить интенсивность технологических процессов, производительность труда и оборудования, повысить качество продукции.

Современные СОЖ могут представлять сложные физико-химические системы, содержать добавки и присадки различного назначения: антикоррозионные, противоизносные, противозадирные, биоцидные и другие.

Классификация строится в основном на физико-химическом составе:

- индустриальные масла и другие нефтяные фракции с присадками;
- эмульсолы, образующие в воде грубодисперсные эмульсии нефтепродуктов с присадками;
- синтетические органические соединения или полусинтетические смеси, позволяющие получать стабильные микроэмульсии или прозрачные растворы;
- быстроиспаряющиеся низкокипящие жидкие смеси, в основном галогенпроизводные углеводородов с добавками.

По своему составу СОЖ делятся на две большие группы:

1. Масляные. Создаются они на базе масла (чаще всего минерального), которое

и отвечает за снижение трения в местах контакта инструмента и деталей.

2. Водосмешиваемые. Состав данных СОЖ достаточно разнообразен: эмульгаторы, спирты, масла, электролиты, присадки и другие вещества.

Водосмешиваемые концентраты, в свою очередь, делятся на три типа:

- эмульгирующие (эмульсол), или обычные – концентрат СОЖ с высоким содержанием масла (60-75%);

- полусинтетические – концентрат СОЖ с низким или средним содержанием масла (10-50%);

- синтетические – концентрат СОЖ, не содержащий масла и образующий с водой чистый химический раствор (обычно используется при шлифовании).

Одной из основных проблем, часто и неизбежно встречающихся в современном машиностроении, является загрязнение СОЖ (водно-масляных, синтетических, полусинтетических) и эмульсий различными маслами и нефтепродуктами, поступающие в СОЖ при маслоутечках от механизмов станков, а также специально подаваемые масла на салазочные механизмы (направляющие) суппорта станков. Так же загрязнение происходит органическими и неорганическими загрязнителями, твердыми частицами от обрабатываемого материала и инструмента.

При длительном нахождении масел и других посторонних примесей в СОЖ, нарушается исходный химический состав эмульсий, ухудшаются эксплуатационные и технологические свойства, что делает их непригодными для применения.

Срок службы рабочих растворов СОЖ обычно не превышает 1 месяц, после чего, если растворы СОЖ (эмульсии) не подвергаются требуемой переработке (или регенерации в процессе работы), они выбраковываются и направляются на переработку.

Сброс отработанных СОЖ в канализацию из-за содержания в ней большого количества масла и др. примесей запрещен и наносит вред окружающей среде. Отработанную СОЖ необходимо утилизировать на специальном оборудовании.

Когда дальнейшее использование отработанной СОЖ становится невозможным, возникает необходимость ее утилизации.

Методы утилизации отработанных технологических жидкостей:

- термический — сжигание в печах;

- химическое разложение — разделение на воду и масло путём добавления различных химикатов (кислот, солей, де-эмульгаторов);

- мембранная очистка — пропускание эмульсии под высоким давлением через пористую керамическую мембрану, на которой задерживаются масла, жиры, воски;

- выпаривание (дистилляция);

- использование — добавление в состав строительных материалов для улучшения ее качественных характеристик.

Особенности утилизации СОЖ.

Превышение рекомендованных производителем временных или других условий использования СОЖ может привести к потере производительности, проблемам в работе оборудования. Нарушение регламента использования СОЖ может в конечном варианте стать причиной выхода из строя техники и станков. Поэтому необходимо своевременно проводить замену жидкости.

В составе смазочно-охлаждающей жидкости присутствуют вредные вещества,

способные нанести вред окружающей среде, природе и человеку. Поэтому после использования СОЖ необходимо проводить утилизацию продукта в соответствии с установленными требованиями и положениями.

При использовании СОЖ можно предусмотреть вариант повторного использования жидкости. Но для этого потребуется отправить жидкость на переработку. Вот некоторые способы.

1. Обратный осмос. Для реализации используется специальное оборудование. После обработки первоначальная смесь разделяется с помощью мембран на отдельные компоненты. В результате получается чистая вода, которая может использоваться для дальнейшего применения;

2. Ультрафильтрация. Используется для отделения масла от других компонентов с помощью полупроницаемых мембран под давлением. Такой способ помогает избавиться от шлаков и добиться необходимой очистки вещества. Но стоит учитывать, для использования этого способа требуется предварительная обработка жидкости;

3. Органическое расщепление. Для выполнения процедуры используются полиэлектролитные агенты. Их использование помогает расщепить молекулы эмульгаторов, входящих в состав СОЖ. Способ считается экономичным, но в большей степени подходит для водосмешивающих СОЖ;

4. Химическое разложение. Для очистки потребуется использование кислот или солей, которые используются для расщепления СОЖ. Способ старый, но до сих пор используется. Минус в том, что требуется постоянный запас химических веществ;

5. Дистилляция. Для реализации требуется специальное оборудование, на котором можно реализовать испарение жидких компонентов.

Особенности переработки.

Использование того или иного способа переработки гораздо выгоднее, чем избавиться от отработанной жидкости. Максимального эффекта от переработки можно добиться, комбинируя несколько способов очистки.

Необходимо учитывать, что утилизация отработанной СОЖ потребует затрат и придется оплатить работу организации, которая имеет право на утилизацию. При переработке можно получить продукты, не вредящие окружающей среде и не требующие утилизации.

При правильной переработке можно повторно использовать очищенную смазочно-охлаждающую жидкость.

Содержание масла в СОЖ достигает 50 г/л, а количество СОЖ, подлежащих замене на предприятии, составляет от 1 до 300 м³/сут. Поэтому регенерация отработанных эмульсий на крупных предприятиях экономически эффективна.

Для разрушения эмульсий применяют следующие методы:

- центрифугирование,
- реагентную коагуляцию,
- термический метод,
- а также их комбинацию.

В процессе центрифугирования при большой частоте вращения (фактор разделения — не менее 7250) происходит разрушение коллоидной системы, в результате

которого масло, имеющее меньшую плотность, чем вода, отделяется от дисперсионной среды.

Для облегчения этого процесса в эмульсию добавляют кислоту, в присутствии которой разрушается гидратная оболочка эмульгатора на поверхности частиц масла.

Содержание ее в смеси должно обеспечивать рН среды, равный 1-2, что требует изготовления центрифуги в кислотостойком исполнении.

Реагентная коагуляция заключается в добавлении к эмульсии сернокислого алюминия, хлорного или сернокислого железа в сочетании с известковым молоком или едким натром. Общее количество реагентов составляет 7—8 г/л.

После разрушения эмульсии, которое происходит вследствие протекания химических реакций, производят отстаивание, в процессе которого минеральные компоненты выпадают в осадок. Образующийся осадок удаляется и утилизируется.

Наиболее эффективными являются централизованная переработка СОЖ на крупных промышленных установках методом реагентной флотации, а также термические методы утилизации.

Принципиальная схема непрерывной установки по разрушению отработанной СОЖ методом флотации приведена на рис. 75.

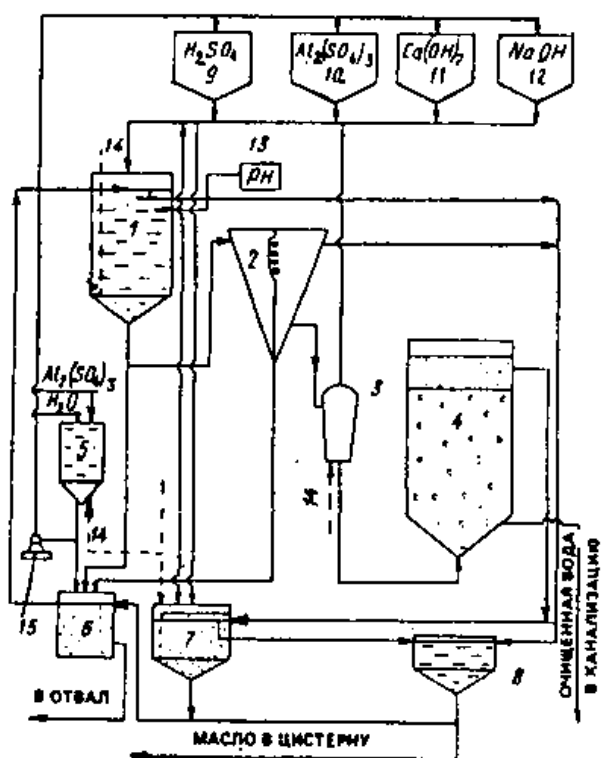


Рисунок 75 – Схема флотационной установки для разрушения СОЖ:

- 1 — отстойник; 2 — сепаратор; 3 — ресивер; 4 — флотатор; 5 — емкость с коагулянт; 6 — шламоборник; 7 — сборник пены; 8 — сборник масла; 9—12 — дозаторы коагулянтов; 13 — рН-метр; 14 — сжатый воздух; 15 — насос.

(Источник - <https://zibo.ru/o-tbo/lit/pererabotka-promishlennix-otxodov/utilizatsiya-smazochno-okhlazhdayushchikh-zhidkostej>)

При этой технологии основная часть масла (85—90 %) отделяется уже в центробежном сепараторе 2.

Полученное после сепаратора масло может использоваться в качестве топлива или для приготовления свежих эмульсий.

Более глубокая очистка эмульсии (точнее — того, что от нее осталось после сепарации) производится во флотаторе 4 с использованием реагентов.

Принципиальная схема термической установки обезвреживания СОЖ приведена на рис. 76.

Принцип действия такой установки состоит во вспенивании эмульсии с помощью ПАВ в сборнике 7 и подаче пены в парогенераторный реактор 4, где она равномерно сгорает при 1500—1600 °С. Дымовые газы, проходя через барботажный аппарат 5, отдают тепло для упаривания СОЖ.

Конденсация пара, содержащегося в дымовых газах, выходящих из барботажного аппарата, производится водой в скруббере 7.

Выходящая из него вода является настолько чистой, что подается в систему обратного водоснабжения. Производительность установки составляет 5 т/ч.

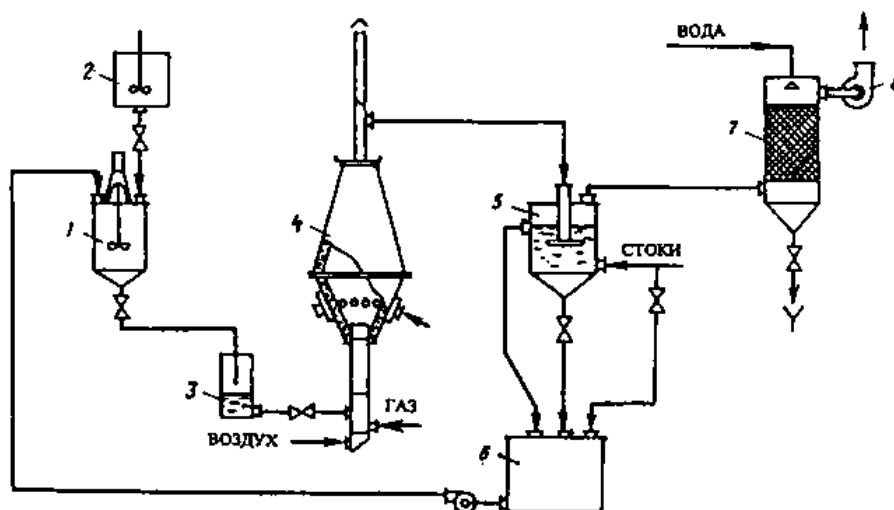


Рисунок 76 – Схема установки для термического обезвреживания СОЖ:

1 — сборник; 2 — мерник ПАВ; 3 — уравнильный сосуд; 4 — парогенераторный реактор; 5 — барботажный аппарат; 6 — сборник стоков; 7 — скруббер; 8 — вентилятор

(Источник - <https://ztko.ru/o-tbo/lit/pererabotka-promishlennix-otxodov/utilizatsiya-smazochno-okhlazhdayushchikh-zhidkostej>)

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) - это стабильная, кинетически устойчивая эмульсия, применяемая в интенсивных процессах резки, выдавливания, прокатки, штамповки, сверления и др.

Отработанная эмульсия СОЖ подлежит замене.

Ввиду большой устойчивости эмульсий отработанных СОЖ, сброс их на общие очистные сооружения предприятий ухудшает качество очистки сточных вод, так как высокоэмульгированные нефтепродукты не задерживаются в отстойниках и проходят через фильтры доочистки.

СОЖ практически не разлагаются естественным путем, поэтому недопустим их сброс в водоемы и на очистные сооружения без предварительного обезвреживания.

Технологическая схема очистки СОЖ предусматривает ее дестабилизацию в

реакторе для закисления за счет снижения значения рН раствором кислоты. Далее дестабилизированную эмульсию последовательно обрабатывают в реакторе разделения рабочими растворами флокулянта Биомикрогели® VMG-P2 и активатора А1. В результате дозирования и перемешивания реагентов с СОЖ происходит связывание нефтепродуктов и образование малорастворимого осадка. После отстаивания образовавшийся осадок отфильтровывается на ленточном фильтре.

Основные методы обезвреживания и регенерации отработанных СОЖ.

1. Регенерация СОЖ центрифугированием.

Центрифугирование СОЖ — это физический процесс отделения механических и абразивных примесей от эмульсии, воздействием на нее центробежных сил при вращении ротора специальной промышленной центрифуги.

Такой метод хорош тем, что сохраняет состав СОЖ в неизменном виде, отделяя механические примеси. Но его можно применять ограниченное число раз, так как со временем, в результате естественного окисления, эмульсия теряет свои свойства, и ее приходится заменять.

2. Реагентный метод обезвреживания СОЖ.

Это процесс разрушения структуры эмульсии отработанной СОЖ химическими веществами, называемыми деэмульгаторами, в качестве которых, чаще всего, используют растворы кислот HCl и H₂SO₄ и неорганические соли, такие как CaCl₂, MgCl₂, а также сернокислое и хлорное железо. В большинстве случаев наряду с реагентным используется коагуляционный способ разложения отработанных СОЖ.

3. Коагуляционный метод обезвреживания СОЖ

Этот способ основан на процессе слипания частиц в дисперсных системах и уменьшением их числа в дисперсной фазе. Особенно эффективно процесс коагуляции проходит в области коллоидной дисперсности, т. е. мельчайших частиц, находящихся во взвешенном состоянии в поле сил тяжести, но не выпадающих в осадок. Коагуляция в естественных условиях происходит под влиянием молекулярных сил при соударении частиц в результате броуновского движения.

Коагулянты – вещества, способные вызывать или ускорять коагуляцию. При введении в дисперсную систему коагулянтов ускоряется и облегчается отделение частиц дисперсной фазы от сплошной среды. Коагулянты гидролизуются в воде с образованием объемных структур в виде хлопьев, с высокими адсорбционными свойствами. В качестве коагулянтов используют: сульфат алюминия, хлорное железо, гидроокись алюминия и др.

Указанных выше метод может использоваться в технологических циркуляционных регенерационных системах, в которых эмульсии СОЖ разлагаются, а затем смешиваются вновь.

Но этот процесс является достаточно сложным и длительным, требует большого количества реагентов и дает значительный объем шлама, который в промышленных объемах может отделяться декантерными (двухфазными) и трикантерными (трехфазными) центрифугами.

4. Флотационный метод обезвреживания СОЖ.

Этот метод основан на эффекте флотации, т. е. процессе молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз, газа и

жидкости, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания.

Обычно флотацию применяют для удаления диспергированных примесей, которые плохо отстаиваются естественным образом. Флотация СОЖ заключается в удалении из эмульсии мелкодисперсных частиц загрязнителя путем образования связки частица загрязнителя - пузырек воздуха, их всплытия и последующего удаления пенного слоя с поверхности жидкости.

5. Электрокоагуляционный метод обезвреживания СОЖ.

Это разновидность коагуляционного осаждения коллоидных систем вследствие действия на них постоянного электрического тока, который вызывает электролитическую диссоциацию присутствующих в растворе солей и выборочное взаимодействие ионов с образованием и выпадением осадков (гелей) загрязнителей. Такой метод обезвреживания эмульсий отработанных СОЖ обладает существенными преимуществами перед прочими, так как позволяет в значительной мере отказаться от использования химических реагентов, а также удобен возможностью автоматизации процесса. Из недостатков метода можно отметить использование больших объемов воды и дорогостоящих электродов.

6. Мембранный способ обезвреживания СОЖ (ультрафильтрация).

Возможна утилизация отработанных эмульсий СОЖ и с применением полупроницаемых мембран, которые пропускают воду и задерживают растворенные и эмульгированные частицы. Обратный осмос проводят при давлении от 1 до 8 МПа, а ультрафильтрацию – при давлении от 0,2 до 1 МПа. Эффективность очистки может достигать до 99,5 %. Для обратного осмоса используются мембраны МГА, а для ультрафильтрации ацетилцеллюлозные мембраны УАМ.

7. Обезвреживание СОЖ озонированием.

Для обезвреживания отработанных водных СОЖ и очистки их от органических загрязнений, широко применяются способы окисления, в частности озонирование. Это технология очистки, основана на использовании газа озона. Благодаря его большой окислительной способности, разрушение органических веществ, находящихся в отработанной СОЖ, идет при нормальной температуре.

В процессе озонирования одновременно происходит окисление примесей, дезодорация и обеззараживание сточной воды. Но часто полного окисления органических соединений достичь не удастся, так как в СОЖ уже содержатся кислоты, которые в разбавленных растворах плохо окисляются даже озоном. Озонирование в процессе обезвреживания отработанных СОЖ наиболее эффективно для их доочистки после других процессов: коагуляции, флотации, электрокоагуляции.

8. Термические способы обезвреживания СОЖ.

Из термических методов наибольшее распространение получили огневое обезвреживание и упаривание СОЖ.

Первый метод заключается в реализации ряда этапов. Сначала отработанные СОЖ нагреваются паром до 90-95 °С, затем проходят ряд фильтров грубой и тонкой очистки и снова нагреваются до 120-130 °С. После чего направляются в форсунки для сжигания в топке котла или печи. Производительность печи по утилизации эмульсии от 150 л/ч на мазуте и до 400 л/ч на газе.

Упаривание отработанных эмульсий СОЖ осуществляется в выпарных

аппаратах стандартной конструкции, хотя такой процесс имеет высокую энергоёмкость, но его можно использовать, как предварительную фазу для процесса ректификации СОЖ.

9. Регенерация компонентов СОЖ ректификацией.

Ректификацию применяют, как вспомогательный метод для отделения от отработанных водных эмульсий СОЖ органических растворителей, а также бензинов, керосинов и т. д.

Ректификация — это процесс многократного противоточного разделения бинарных или многокомпонентных смесей за счет массо- и теплообмена между паром и жидкостью, осуществляемый в противоточных колонных ректификационных аппаратах с контактными элементами насадками или тарелками.

Ректификация позволяет, путём многократного испарения жидкости и конденсации паров, разделить жидкие смеси на практически чистые компоненты, в том числе растворители, различающиеся температурами кипения.

Выделение из отработанных эмульсий СОЖ органических растворителей имеет исключительно важное значение, как с экологической, так и с экономической точки зрения. Регенерация (рекуперация) растворителей с повторным возвращением в производственный процесс позволяет значительно сократить расходы на закупку новых материалов.

Необходимо подчеркнуть, что в результате применения ряда перечисленных выше методов отработанные водные эмульсии СОЖ полностью разлагаются на компоненты и теряют свои свойства. Такая ситуация не подходит для большинства малых и средних предприятий, которым экономически гораздо выгодней применять методы регенерации СОЖ.

Для производств, использующих СОЖ в небольших количествах, подходит следующая схема регенерации, которая заключается в удалении из эмульсий посторонних примесей, и их обеззараживании с помощью специальных добавок (рисунок 77).

Технология работает следующим образом.

1. Отработанную загрязненную СОЖ собирают и направляют в накопительный резервуар (1), где происходит процесс отстаивания в течение 6 часов, в результате, которого масло всплывает и направляется в маслосборник (7), а шлам в шламасборник (8).

2. Шлам направляется на промышленную центрифугу средней производительности (9) для обезвоживания.

3. Из накопителя (1), для удаления микроскопических примесей, эмульсию подают на фильтр-транспортёр с бумажной лентой (2), после чего она поступает в ёмкость для регенерации (3).

4. Процесс фильтрации отстоянной СОЖ происходит с применением фильтр-транспортёра с бумажной лентой, которая предназначена для очистки водных эмульсий с вязкостью 1-1,5 мм²/с от механических примесей. Фильтровальная бумага ленты, обеспечивает требуемое качество очистки жидкости при хорошей пропускной способности и обладает необходимой прочностью.

5. В смесительную ёмкость (смесительный реактор) (3) из баков-дозаторов происходит добавление свежих компонентов:

- из бака (4) — свежий эмульсол (смесь эмульсола с водой в соотношении 1:1);
- из бака (5) – вода;
- из бака (6) – бактерицидный раствор.

Перекачивание компонентов может происходить с применением насосов (10) различного типа, например промышленных перистальтических.

Для регулирования потоков применяются вентили (клапаны) (11) с ручным или электрическим приводом.

6. Смесь перемешивают специальной электроприводной мешалкой, отстаивают, удаляют всплывшее масло и полученный СОЖ возвращают в производство.

Такой способ обработки удобен тем, что не предусматривает полного разложения СОЖ и она возвращается в производство после полного удаления механических примесей и ее дополнительного обеззараживания.

При замкнутом цикле регенерации подобного типа сокращается количества сточных вод, уменьшается количество шлама и отработанного масла, оптимизируются затраты на закупку концентрата СОЖ и прочих компонентов, что экономически выгодно предприятию и повышает экологичность производственного процесса.

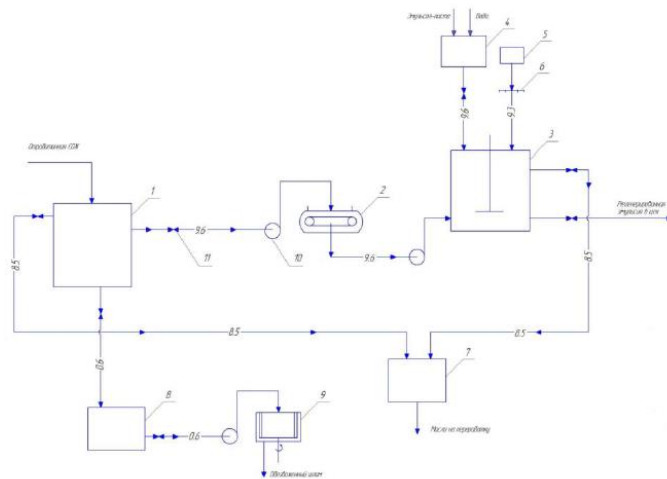


Рисунок 77 – Установка регенерации СОЖ:

- 1 — накопительная емкость; 2 — фильтр-транспортер; 3 — емкость с мешалкой; 4 — емкость приготовления эмульсии; 5 — емкость с бактерицидным раствором; 6 — дозатор жидкостей; 7 — сборник масла; 8 — сборник шлама; 9 — центрифуга; 10 — насос; 11 — вентиль.

(Источник - <https://mida.ru/resheniya/dlya-metalloobrabotki/osnovnye-metody-obezvrezhivaniya-i-regeneratsii-smazочно-okhlazhdayushchikh-zhidkostey-sozh/>)

Тема 10 Твердые бытовые отходы. Устройство и эксплуатация полигонов.

Результатом жизнедеятельности человека является большое количество отходов разного типа.

ТБО (твердые бытовые отходы) - предметы и материалы, утратившие в ходе эксплуатации свою потребительскую ценность.

Деление твердых бытовых отходов на группы осуществляется по нескольким параметрам. Так, по составу выделяют:

- органику;
- древесину;

- металл;
- дерево;
- стекло;
- пластик;
- текстиль;
- картон и бумагу;
- кожу.

Средний морфологический состав ТБО включает в себя следующие компоненты:

- пищевые отходы – 30-38%;
- отходы бумаги и картона – 25-30%;
- текстильные отходы – 4-7%;
- стекlobой и стеклотара – 5-8%;
- отходы пластмасс - 2-5%;
- черные металлы - 0,2-0,3%;
- кости - 0,5-2%.

По сроку службы ТБО делится на:

- длительного пользования (техника, автомобильные покрышки, посуда и т. д.);
- кратковременное (текстильная, бумажная продукция).

Отдельная классификация характеризует ТБО с точки зрения вреда для человека и окружающей среды.

Многие компоненты ТБО являются вторичными материальными ресурсами (ВМР) - это отходы, которые после их сбора могут быть вовлечены в гражданский оборот в качестве вторичного сырья. К ним можно отнести материалы и изделия, которые после первоначального использования могут применяться повторно в производстве как исходное сырье или изделие. Таким образом, ВМР — это источник дополнительных материально-технических ресурсов.

В Беларуси за год образовывается 3,5 млн. тон коммунальных отходов. И каждый год количество этих отходов увеличивается на 7 - 10 %. Это значит, что сейчас каждый житель оставляет после себя в среднем 350 кг отходов каждый год, а через 5 лет каждый из нас будет оставлять от 470 до 520 кг отходов в год. Иными словами, в сутки каждый житель города производит в среднем 0,9 ТКО.

В Республике Беларусь, в том числе в г. Минске, ТКО вывозятся на специальные полигоны, которые представляют собой сооружения, где отходы уплотняются и изолируются от окружающей среды специальным грунтом. Возле г. Минска расположены три полигона захоронения отходов - "Северный", "Прудиче", "Тростенецкий", - на которые вывозятся не только ТКО, но отходы промышленности.

Часть компонентов ТКО практически не подвергается разложению в течение десятков лет эксплуатации и после закрытия полигона. Это бумага, стекло, пластмасса, резина и текстиль, металлы. Между тем многие неразлагающиеся компоненты ТКО являются пригодными для повторной переработки. В условиях ограниченного количества первичных ресурсов, получаемых из полезных ископаемых, такая переработка особенно актуальна.

Характерные особенности твердых бытовых отходов в Беларуси:

- неоднородный состав, который меняется от партии к партии и в зависимости

от сезона года. В теплое время увеличивается объем пластика, в холодное – количество органики. Влажность на 17% выше, чем у ТБО в Западноевропейских странах. Значение данного параметра особенно велико осенью и зимой;

- ТБО механически связываются между собой за счет волокнистой структуры и наличия влажных фракций;

- при транспортировании и хранении мусор слеживается, выделяет фильтрат;

- наличие в мусоре камня, фарфора и стекла придает ему абразивные свойства;

- при длительном хранении в металлическом баке ТБО становится причиной коррозии из-за высокой влажности и содержания солей.

В населенных пунктах сформирована единая схема обращения с твердыми бытовыми отходами:

- сбор мусора с сортировкой или без нее в емкости, оснащенные приспособлениями для механизированной загрузки в спецавтомобиль;

- транспортирование. Лицензированные компании на специально оборудованном автомобиле перевозят ТБО на полигоны или производственные участки для сортировки, переработки или иного вторичного использования;

- повторное использование или складирование - зависит от вида сырья и выбранной стратегии обращения с ТБО. Большую часть мусора вывозят на полигоны и свалки, остальное количество подвергается сжиганию, компостированию, химической и механической переработке, различным видам утилизации. Для подготовки к повторному использованию ТБО моют, сортируют, измельчают.

Обогащение твердых бытовых отходов имеет свою специфику в выборе как процессов, так и аппаратов. Даже процессы, идентичные для других объектов обогащения, применительно к ТКО характеризуются своим режимом, имеют отличительные детали и особенности. В то же время устройства и технологические приемы, используемые при обогащении ТКО, могут быть применены при обогащении ископаемого сырья.

При переработке ТКО число обогатительных операций, их вид и последовательность в технологической схеме зависят от морфологического и гранулометрического состава, влажности отходов и определяются задачами сортировки в каждом конкретном случае, а также закономерностями обогащения материалов.

Ручная и механическая переработка твердых коммунальных отходов.

Ручная переработка ТКО.

Технология сортировки селективно отобранных отходов в большинстве случаев представляет собой ручную выборку определенных компонентов с ленты тихоходного конвейера с шириной ленты не более 1200 мм, скоростью не более 0,5 м/с, предпочтительно 0,1–0,2 м/с, в сочетании с механизированной сортировкой металлов. В ряде случаев ручной сортировке предшествует операция грохочения исходного материала с целью удаления мелкой фракции и рыхления массы отходов. При необходимости в технологическую схему возможно включение операции дробления (вскрытие упаковки).

Хвосты сортировки, как правило, подвергают уплотнению – контейнерному компактированию. Методом пакетирования уплотнению подвергают также ряд извлеченных компонентов: металлы, макулатуру, пластмассы, текстиль. При этом макулатура, пластмасса и текстиль всегда пакетируются с обвязкой проволокой,

веревкой и т. п. Процессы пакетирования полезной продукции и компактирования хвостов сортировки полностью автоматизированы. Пакетирование повышает эффективность складирования продукции, ее хранения и доставки потребителю. Размещение пакетов на складе и их загрузка в транспортные средства осуществляется с помощью автопогрузчика. Для перемещения пакетов черного металла возможно применение магнитной шайбы. Процессы компактирования хвостов сортировки и их удаления в контейнерах в уплотненном виде снижают транспортные расходы.

Мусоровозы, доставляющие отходы на сортировку, проходят радиометрический контроль, взвешиваются и разгружаются на ровную бетонную площадку при минимальных размерах 30 × 30 м. С помощью фронтальных погрузчиков отходы подаются в хвостовую часть заглубленного ленточного конвейера или пластинчатого питателя легкого типа. Оптимальный вариант – использование горизонтально-наклонного питателя, к пластинам которого крепится резиновая лента, предотвращающая просыпь материала. Верхняя ветвь питателя – конвейера, подающего материал на сортировочный конвейер, заглублена на 0,4 м. Производительность линии сортировки, в зависимости от состава обогащаемого сырья, колеблется от 3 до 5 т/ч.

Отобранные в качестве вторсырья компоненты сбрасываются в люки и попадают либо в стоящие на нижней отметке контейнеры, либо в накопительные емкости – бункеры, расположенные на нижней отметке под сортировочной кабиной. Дном этих емкостей может служить горизонтальная конвейерная лента, что облегчает подачу на пакетирование макулатуры, пластмассы и текстиля. При этом осуществляется автоматическая подача материалов на горизонтально-наклонный конвейер, питающий пакетировочный пресс.

Для обслуживающего персонала, работающего на постах ручного отбора, посты оборудуются с двух сторон горизонтального сортировочного конвейера, создаются условия повышенного комфорта. Как правило, линии сортировки размещаются в специальных закрытых остекленных кабинах с местным усиленным освещением, пылеподавлением и кондиционированием воздуха. Сортировочные кабины, в свою очередь, находятся в здании, где размещается весь комплекс по приему сырья, его обработке и складированию продукции.

Механическая переработка ТКО.

Механическая переработка – это совокупность технологических операций по измельчению, прессованию, брикетированию. Все это приводит к уплотнению и уменьшению объема мусора до 10 раз, что делает более удобными его транспортировку и хранение. Однако такие методы только упрощают проблему утилизации, но не решают ее полностью.

Оборудование для разборки и переработки твердых коммунальных отходов.

Прессы. Без прессования отходов невозможно себе представить ни один завод по утилизации и переработке ТКО. После прессования отходы удобнее хранить и перевозить. Прессы могут иметь разные габариты: от гигантских до сравнительно небольших, способных уместиться на территории обычного магазина. Обычно используют два вида прессов – пакетировочные и брикетировочные.

По способу загрузки (рисунок 78) прессы бывают вертикальные (с фронтальной загрузкой) и горизонтальные (способны сжимать мусор более плотно).



а



б

Рисунок 78 – Прессы для прессования ТКО:

а – вертикальные; б – горизонтальные.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Если размеры вертикальных прессов достаточно компактные, то горизонтальные обычно устанавливают только на больших заводах, так как их трудно уместить в обычном помещении. По назначению прессы бывают универсальные (для всех типов отходов) и специализированные (только для одного вида).

Компакторы. Очень близкими к прессам считаются компакторы (рисунок 79). Из названия понятно, что они также делают мусор более сжатым. В основном на данном виде оборудования уплотняют ПЭТ – бутылки, полиэтиленовые пленки, алюминиевые банки, а также бумагу и картон. Для торговых комплексов такой вид оборудования незаменим, потому что там всегда есть необходимость в сжатии большого количества мусора. Компании по транспортировке отходов единогласно заявляют, что расходы на перевозку и хранение значительно снижаются благодаря уплотнению мусора с помощью компакторов. При этом совершенно не имеет значения, будет ли это компактор мобильный или стационарный.



Рисунок 79 – Мобильный компактор.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

У каждого из них есть свои плюсы и минусы. Если мобильные компакторы – это моноблоки, то стационарные компакторы содержат в себе пресс и сменный контейнер, что позволяет загружать намного больше отходов, чем в единый моноблок. Непрерывный цикл работы также значительно выделяет стационарный компактор среди другого утилизирующего оборудования. Хотя мобильный компактор можно использовать в разных местах, при этом его не нужно каждый раз монтировать и демонтировать вновь. Это герметично выполненная конструкция, что позволяет ей работать даже с влажными отходами.

Шредеры. Шредеры имеют совершенно иной тип работы, нежели прессы и компакторы. Они помогают в утилизации мусора тем, что измельчают или дробят его. Именно поэтому русскоязычные пользователи называют шредеры дробилками. Без них не обходится ни один завод по переработке ТКО (рисунок 80). Шредеры предназначены для измельчения стекла, дерева, пластмасс, бумаги, резины, металла, органических и смешанных отходов, опасных веществ.



Рисунок 80 – Шредер.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Некоторые шредеры работают только с одним видом отходов, например со стеклом. Но существует и немало моделей, которые предназначены для измельчения самого разнообразного мусора.

Контейнеры. С этим видом оборудования мы сталкиваемся ежедневно. Это привычные для нас емкости для мусора (рисунок 81), которыми мы регулярно пользуемся. Материал, из которого изготавливаются контейнеры, – обычно пластик, хотя иногда встречается и металл. Контейнеры могут служить для отдельного хранения мусора либо для смешанных отходов. Не так давно контейнеры были стационарными, теперь все чаще встречаются емкости на колесах. Из контейнеров, оборудованных колесами, удобнее переваливать мусор в мусоровозы.



Рисунок 81 – Контейнеры.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Сортировочные линии. Гораздо проще и эффективнее производить переработку ТКО в отсортированном виде. Для разного вида мусора существуют свои способы утилизации, поэтому так важно предварительно отделить один тип отходов от других. С этой целью на мусороперерабатывающих заводах в наши дни в обязательном порядке устанавливаются линии для сортировки отходов (рисунок 82).



Рисунок 82 – Сортировочная линия.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Сортировочные линии созданы для того, чтобы отделять твердые бытовые отходы по фракциям с целью их последующего прессования, уплотнения и превращения во вторичное сырье, которое затем может быть реализовано. Сортировочные линии стали неотъемлемой частью процесса переработки мусора.

3. Способы механической переработки мусора

Утилизация твердых отходов в большинстве случаев приводит к необходимости разделения на компоненты (в процессе очистки, обогащения, извлечения ценных составляющих) с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами либо придания им определенного вида, обеспечивающего саму возможность утилизации отходов.

Измельчение, дробление. Процессы измельчения условно подразделяют на дробление (крупное, среднее и мелкое) и измельчение (тонкое и сверхтонкое). Измельчение материалов осуществляют путем раздавливания, раскалывания,

истирания и удара. В большинстве случаев эти виды воздействия на материал используют комбинированно. При этом основное значение имеет один из них, что обусловлено конструкцией машины, применяемой для измельчения. В зависимости от физико-механических свойств и размеров кусков (крупности) измельчаемого материала выбирают тот или иной вид воздействия. Так, дробление твердых и хрупких материалов производят раздавливанием, раскалыванием и ударом, твердых и вязких – раздавливанием и истиранием.

Дробление материалов обычно осуществляется сухим способом (без применения воды), тонкое измельчение часто проводят мокрым способом (с использованием воды). При мокром измельчении пылеобразования не наблюдается и облегчается транспортирование измельченных продуктов.

Метод дробления используют для получения из крупных кусков перерабатываемого материала продуктов крупностью преимущественно 5 мм. Дробление широко используется при переработке отходов вскрыши при открытых разработках полезных ископаемых, отвальных шлаков металлургических предприятий, вышедших из употребления резиновых технических изделий, отвалов галита и фосфогипса, отходов древесины, некоторых пластмасс, строительных и многих других материалов (рисунок 83).



Рисунок 83 – Дробилка передвижная.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Метод измельчения используют при необходимости получения из кусковых отходов зерновых и мелкодисперсных фракций крупностью менее 5 мм. Процессы измельчения широко распространены в технологии рекуперации твердых отходов при переработке отвалов вскрышных и попутно извлекаемых пород открытых и шахтных разработок полезных ископаемых, вышедших из строя строительных конструкций и изделий, некоторых видов смешанного лома изделий из черных и цветных металлов, топливных и металлургических шлаков, отходов углеобогащения, некоторых производственных шламов и отходов пластмасс, пиритных огарков, фосфогипса.

Грохочение ТКО. Грохочение – процесс разделения твердых материалов на классы по крупности, осуществляется на просеивающей поверхности специальных аппаратов – грохотов.

В зависимости от назначения в технологической схеме переработки различают

грохочение трех видов:

- подготовительное – перед обогащением, той или иной переработкой, дроблением;

- самостоятельное – для выделения определенного класса крупности в качестве готового или отвального продукта;

- обезвоживающее – для удаления из продукта основной массы воды после процессов мокрого обогащения (переработки).

Технически наиболее сложной является операция грохочения твердых материалов, содержащих глинистые компоненты, макулатуру, полимерную пленку и текстиль. Так, например, до настоящего времени нет аппаратов, обеспечивающих эффективность процесса грохочения влажных ТКО при высоком содержании в них текстильных компонентов (традиционный барабанный грохот забивается текстилем в течение нескольких смен и перестает работать как сортирующее устройство). С повышением влажности понижается эффективность грохочения.

Теоретически при правильном режиме работы грохота все частицы исходного материала, размер которых меньше размера отверстий грохота, должны уйти в подрешетный продукт. В действительности вследствие несовершенной работы грохота и разнообразной формы кусков материала часть нижнего продукта всегда остается в надрешетном.

Под оптимальной производительностью грохота имеют в виду его максимальную пропускную способность по исходному материалу (т/ч) при определенной заданной эффективности грохочения.

При прочих равных условиях чем дальше материал находится на грохоте, тем выше эффективность грохочения (повышается вероятность извлечения мелких классов в нижний продукт). При переработке твердых отходов наиболее часто применяются грохоты двух типов – барабанные и вибрационные; реже применяются колосниковые грохоты.

Барабанный грохот – наиболее распространенный аппарат, используемый в технологиях сепарации ТКО (рисунок 84). Весьма часто применяют барабанные грохоты для промывки глинистых руд, для сортировки песка, гравия и щебня, а также при обогащении асбестовых, графитовых и некоторых других руд.

Барабанные грохоты имеют просеивающую поверхность цилиндрической, реже – многогранной формы.

Магнитная сепарация. Извлечение ферромагнитных металлов основано на их высокой магнитной восприимчивости и способности хорошо намагничиваться. К достоинству магнитной сепарации можно отнести то, что для извлечения металлов не требуется высокой напряженности электромагнитного поля, что делает извлечение ферромагнитных металлов достаточно дешевым.

Электродинамическая сепарация. Для выделения неферромагнитных или цветных металлов из потока смеси отходов или ТКО сухим способом применяется метод электродинамической сепарации – это процесс обогащения, основанный на использовании силового взаимодействия магнитного поля и вихревых токов, возникающих в электропроводном веществе под воздействием ЭДС, индуцированного магнитным полем (рисунки 85, 86).



Рисунок 84 – Барабанный грохот.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

К достоинствам данного метода можно отнести простоту оборудования, извлечение металлов без дробления, высокую производительность, возможность применения аппаратов из смежных областей.



Рисунок 85 – Мокрый магнитный сепаратор.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

При движении материала в переменном магнитном поле или при действии на неподвижные электропроводные металлы переменного (бегущего) магнитного поля в проводнике индуцируется ЭДС и возникают вихревые токи, которые вступают во взаимодействие с первичным магнитным потоком, изменяя его индукцию. Эффектом взаимодействия контуров тока с породившим их магнитным потоком является, в частности, выталкивание неферромагнитных металлов из поля катушки переменного тока.

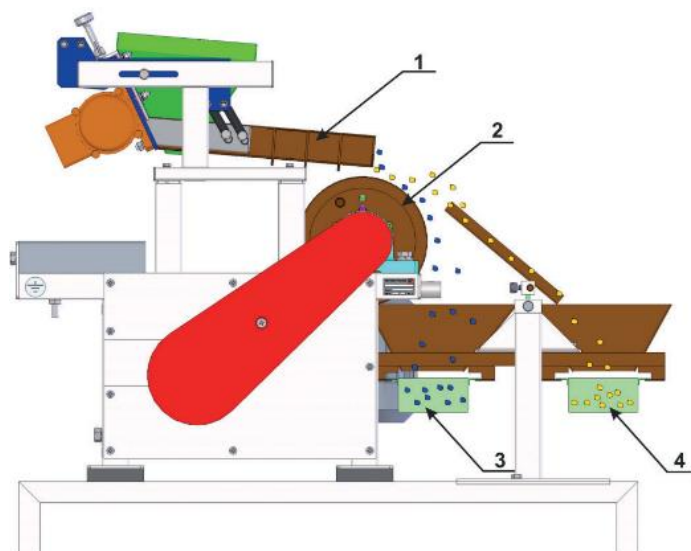
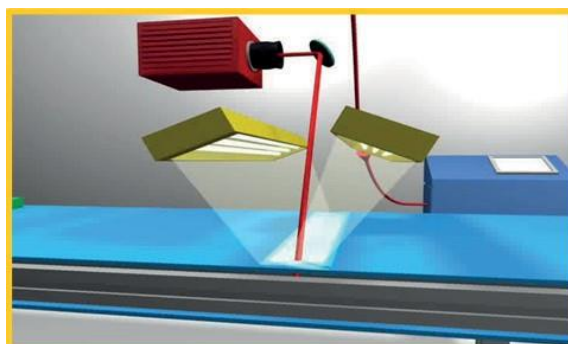


Рисунок 86 – Принцип работы электродинамического сепаратора: 1–4 – детали сепаратора.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Лазерная сепарация. В настоящее время разработаны методы разделения макулатуры и полимерной пленки, которые основаны на использовании лазерной магнитной техники (рисунок 87).



а



б

Рисунок 87 – Лазерный сепаратор:
а – принцип работы; б – промышленный лазерный сепаратор.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Основой способа разделения материалов с помощью лазера является определение требуемого компонента среди других материалов посредством отраженного

света при прохождении отходов в луче лазера. В инфракрасной зоне спектра электромагнитного излучения волокнистые материалы, подобные бумаге и картону, создают беспорядочно диффузное отражение, в то время как полимерные материалы – правильное отражение. Эти отражения улавливают и преобразовывают в электрические сигналы, которые используют для управления потоком воздуха, отсортировывающим полимерную пленку от макулатуры.

Отсадка. Отсадка является высокопроизводительным, экономичным и универсальным способом разделения отходов. Отсадка представляет собой процесс разделения твердых частиц по плотности под действием переменных по направлению вертикальных струй воды (воздуха), проходящих через решето отсадочной машины.

Отсадке обычно подвергают предварительно обесшламленные широко или узко классифицированные материалы оптимальной крупности 0,5–100 мм для нерудных и 0,2–40 мм для рудных материалов. В процессе отсадки материал расслаивается: в нижнем слое концентрируются тяжелые частицы, в самом верхнем – легкие мелкие. Получаемые слои разгружают отдельно.

Наиболее эффективна отсадка при разделении отходов, содержащих достаточно крупные зерна с сильно различающейся плотностью. В результате отсадки получают две фракции (I и II) материалов с различной плотностью и промежуточный продукт (III), который подлежит дальнейшему разделению.

При отсадке крупного материала на решетке образуется так называемая постель – слой толщиной в 5–10 диаметров наибольших частиц. При отсадке мелкого материала (до 3–5 мм) на решетке укладывают искусственную постель из крупных тяжелых частиц материала, размер которых в 3–4 раза превышает размер наиболее крупных частиц питания. Отсадочные машины (рисунок 88) различаются способом создания пульсаций (движением диафрагмы, поршня, решета, пульсирующей подачей сжатого воздуха), типоразмерами, числом фракций выделяемых продуктов, конструктивными особенностями.

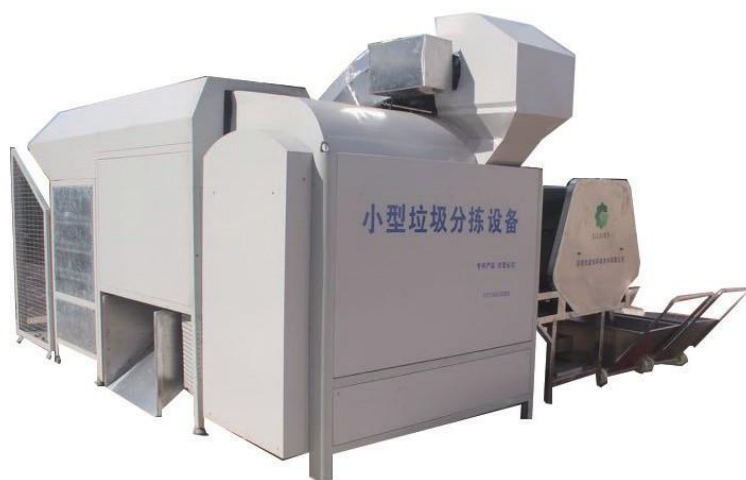


Рисунок 88 – Отсадочная машина.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Аэросепарация ТКО – процесс обогащения в движущейся газовой

(воздушной) среде, основанный на использовании различий в плотности компонентов и их скорости витания.

Аэросепарацию (пневмосепарацию) применяют при обогащении полезных ископаемых (угля, асбеста) и техногенного сырья (ТКО, дробленого электрокабельного лома – удаление неметаллических компонентов, дробленого демеркуризованного стеклобоя отработанных ртутных ламп, других отходов).

Аэросепарация эффективна для обеспыливания материалов, а также для выделения тонких классов крупности при сухом измельчении строительных материалов (воздушный сепаратор) (рисунок 89) работает в замкнутом цикле с аппаратом измельчения). Аэросепарацию при обогащении ТКО применяют для разделения потока отходов на легкую и тяжелую фракции (это необходимо, прежде всего, по условиям технологии извлечения металлов), а также для выделения горючих компонентов для последующей термической переработки, хотя, в принципе, возможна не только энергетическая утилизация легких компонентов. Кроме того, аэросепарацию применяют для очистки от примесей компоста, полученного из ТКО.



Рисунок 89– Передвижной аэросепаратор.

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdih-bytovyh-othodov/>)

Анализ схем сортировки твердых коммунальных отходов

В зарубежной практике схемы сортировки твердых коммунальных отходов (ТКО) наиболее часто начинается с операции грохочения. Отдельные классы крупности этой операции обогащаются отдельно тем или иным методом, что в итоге дает определенный технологический эффект. Однако отечественный опыт показывает, что установка барабанного грохота в начале процесса нецелесообразна, так как его отверстия легко забиваются текстильными и влажными компонентами. Аналогичные сложности отмечаются при грохочении исходных ТКО по классу 70–100 мм на заводах во Франции и Швейцарии.

Учитывая специфичность отечественных ТКО, механический перенос западных технологий сортировки в местных условиях не является оптимальным решением. Любая западная технология должна быть адаптирована к местным условиям с учетом технологических свойств ТКО, отмеченных выше.

Рассмотрим технологические схемы сепарации ТКО ведущих зарубежных фирм, нашедшие практическое применение на заводах в различных странах за последнее время (рисунок 90).

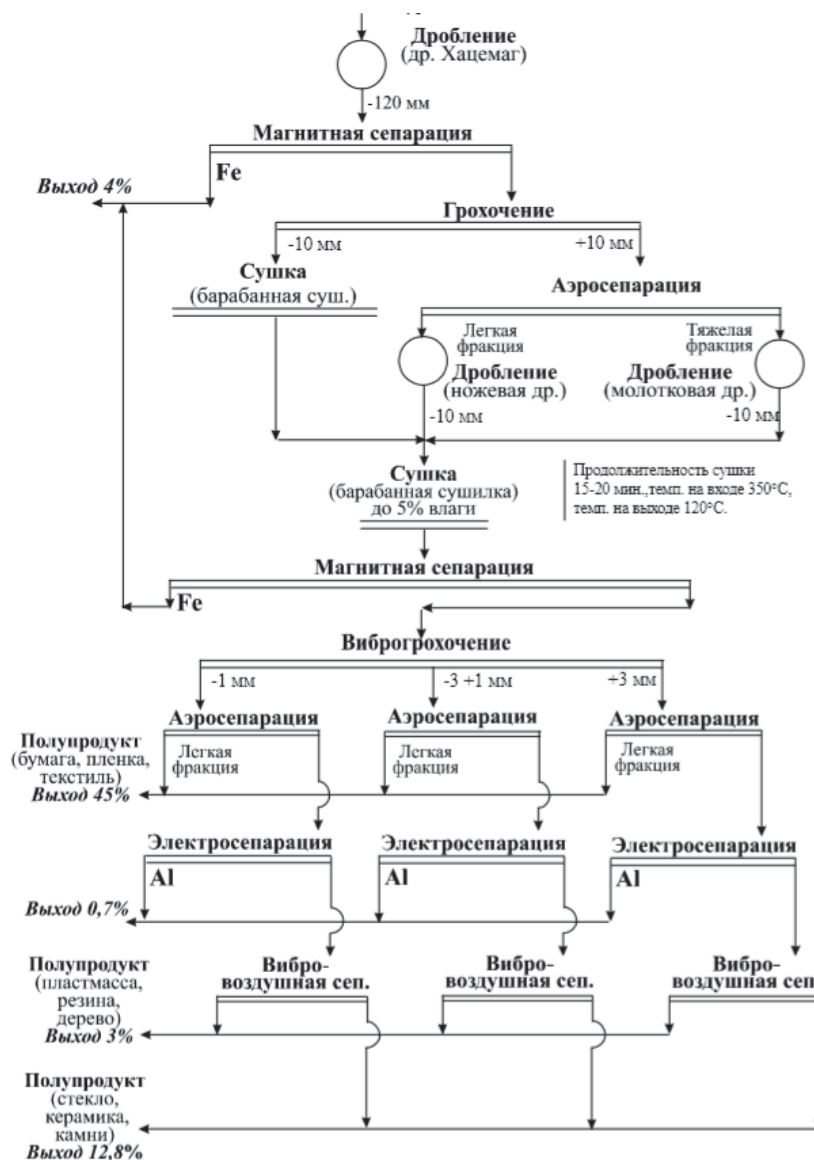


Рисунок 90 – Технологическая схема сортировки ТКО фирмы «Орфа» (Швейцария).

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdih-bytovyh-othodov/>)

Цель рассматриваемой технологии – переработка ТКО только методами сепарации, без использования каких-либо других методов. Сущность технологии заключается в дроблении всей массы исходных ТКО до крупности менее 120 мм, магнитной сепарации дробленого продукта, грохочении немагнитной фракции по классу 10 мм с последующим дроблением крупной фракции до размера менее 10 мм и сушкой всего материала до сухого состояния при влажности 5 %.

Из высушенных мелкодробленых отходов с применением различных методов обогащения – магнитной и электрической сепарации, аэросепарации, грохочения, гравитационной сепарации – выделяют два готовых продукта (черные металлы и алюминий) и три полупродукта: легкая фракция, в которой сконцентрированы бумага и полимерная пленка, и две тяжелые – стекло, керамика и камни в одной, а также пластмассы, резина, дерево – в другой.

По данным фирмы Orfa, легкую фракцию можно использовать в производстве строительных материалов, для производства удобрений, связующего для сбора нефти при

проливах, брикетированного топлива и др. Круг возможной реализации тяжелых фракций ограничен: инертные материалы можно использовать в дорожном строительстве, а фракцию, содержащую пластмассу, резину и дерево, – для изготовления покрытия для полов.

Из выделяемых для реализации материалов можно перерабатывать черные и цветные металлы, все остальные компоненты, сконцентрированные в трех фракциях при их суммарном выходе около 60 %, вовлечь в повторную переработку значительно сложнее. Поэтому технология фирмы Orfa интереса не представляет.

К числу очевидных недостатков технологии относится дробление всей массы исходных ТКО до тонкой – 10 мм – фракции. Второй серьезный недостаток – сушка всего материала и сепарация мелкодробленых отходов. ТКО как сырьевой источник значительно уступает по ценности минеральному сырью, поэтому механический перенос технологических приемов обогащения руд в область переработки ТКО не оправдан.

Недостатки технологии сепарации фирмы Orfa, а также серьезные трудности нахождения рынков сбыта выделяемых полупродуктов не позволяют рекомендовать ее для переработки российских ТКО.

На рисунке 91 представлена технологическая схема сортировки ТКО фирмы Foster Wheeler (США) производительностью 500 тыс. т/год. Аналогичная схема проектируется для завода в г. Милане (Италия).

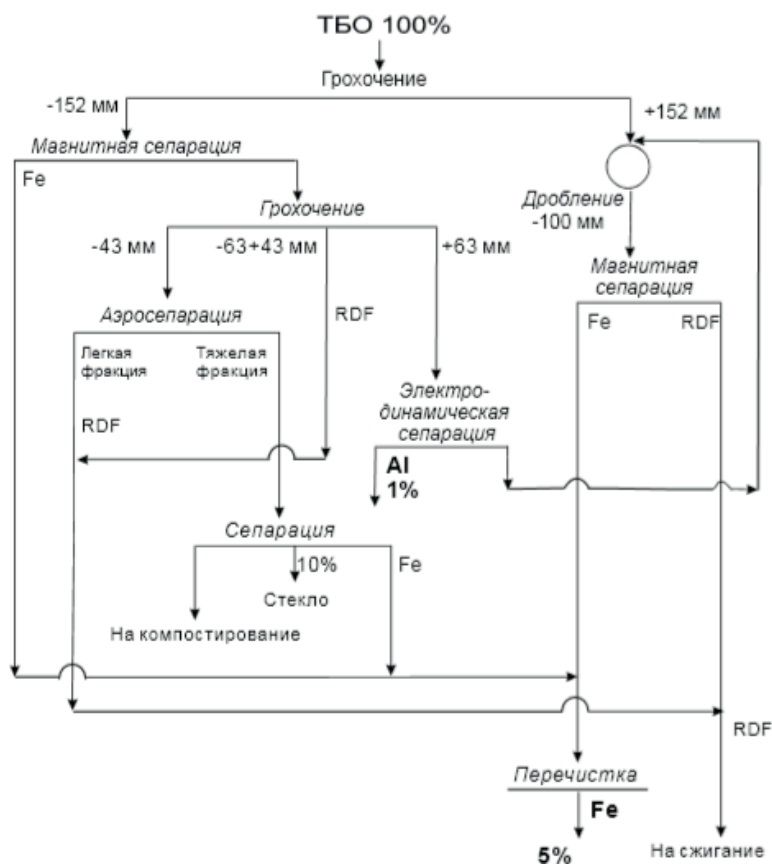


Рисунок 91 – Технологическая схема сортировки ТКО фирмы Foster Wheeler (завод «Робинз», г. Чикаго, США).

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovyh-othodov/>)

Целевое назначение технологии сортировки – максимально возможное выделение из ТКО топливной фракции при минимальном содержании в ней металлов, других минеральных компонентов и вредных примесей. Технологическая схема предусматривает грохочение до крупности 152 мм исходных ТКО и грохочение немагнитной фракции крупности 43 мм. Это объясняется морфологическим составом исходных ТКО, которые содержат всего 7 % пищевых и растительных отходов, специфичных для ТКО США.

Следует отметить, что при пуске завода освоение технологии вторичного грохочения было связано с определенными трудностями, связанными с забиванием отверстий барабанного грохота.

Оригинально решен вопрос извлечения цветных металлов из фракции, в которой они в основном концентрируются (класс $-152 +63$ мм); относительно небольшой выход этой фракции должен облегчать регулирование толщины слоя отходов в процессе электродинамической сепарации.

Очевидно, что грохочение местных ТКО по классу 150 мм неприемлемо, поскольку, по данным практики, неприемлемо грохочение даже по классу 250 мм; тем более невозможно реализовать грохочение по классу 40 мм.

В местных условиях при решении задачи преимущественно энергетического использования ТКО технологическая схема сортировки должна быть иной, поскольку содержание в исходных ТКО пищевых и растительных отходов в среднем составляет 35 % (а не 7 %, как в США).

Таким образом, технология фирмы Foster Wheeler без ее адаптации не может быть рекомендована для сепарации российских ТКО.

На рисунке 92 приведена схема сортировки ТКО фирмы Sorain Ceschini (Италия).

Первые заводы, на которых осуществлялась сортировка ТКО, были введены в эксплуатацию в Риме еще в середине 1960-х гг.

В настоящее время заводы этой фирмы функционируют в г. Перуджа и Фолино. Фирма Sorain Ceschini продала лицензии на свою технологию в Швейцарию, Чехию, Бразилию, Венесуэлу.

Технология сортировки ТКО фирмы Sorain Ceschini предусматривает выделение четырех продуктов: черного металла, обогащенной органической фракции, пластиковых отходов и макулатуросодержащей фракции.

Сортировка ТКО для европейских заводов традиционно начинается с операции грохочения в барабанном грохоте с отверстиями 100 мм.

Фракция -100 мм проходит вторую стадию грохочения в барабанном грохоте по классу -10 мм и направляется на компостирование. Фракция -10 мм является отвальной, она представляет собой землистый продукт.

Выход обогащенной органической фракции, направляемой на компостирование, около 25 % по массе от исходного.

Тяжелая фракция аэросепарации является отвальной, ее выход совместно с классом -10 мм грохочения составляет около 60 %. Степень утилизации ТКО на заводе не превышает 40 %.

Особенностью технологической схемы является операция разделения пленки и бумаги.

Для разделения этих компонентов применяется избирательное дробление, использующее различия в эластичности пленки и бумаги.

Затем грохочение в барабанном грохоте по классу 200 мм и затем происходит аэросепарация класса +200 мм; выход легкой фракции аэросепарации 1–1,5 %, она преимущественно содержит пленку. В класс –200 мм грохочения преимущественно попадает бумага, она направляется на производство топливных брикетов.

В целом анализируемая технологическая схема эффективна и применительно к итальянским ТКО. Ее основные недостатки заключается в следующем:

- одностадийная магнитная сепарация, не обеспечивающая высокого извлечения черного металла;
- отсутствие перечистки магнитного концентрата, в связи с чем черный металл загрязнен примесями;
- полная потеря цветных металлов;
- относительно невысокая эффективность аэросепарации ТКО, рассчитанная на сортировку сухих отходов.

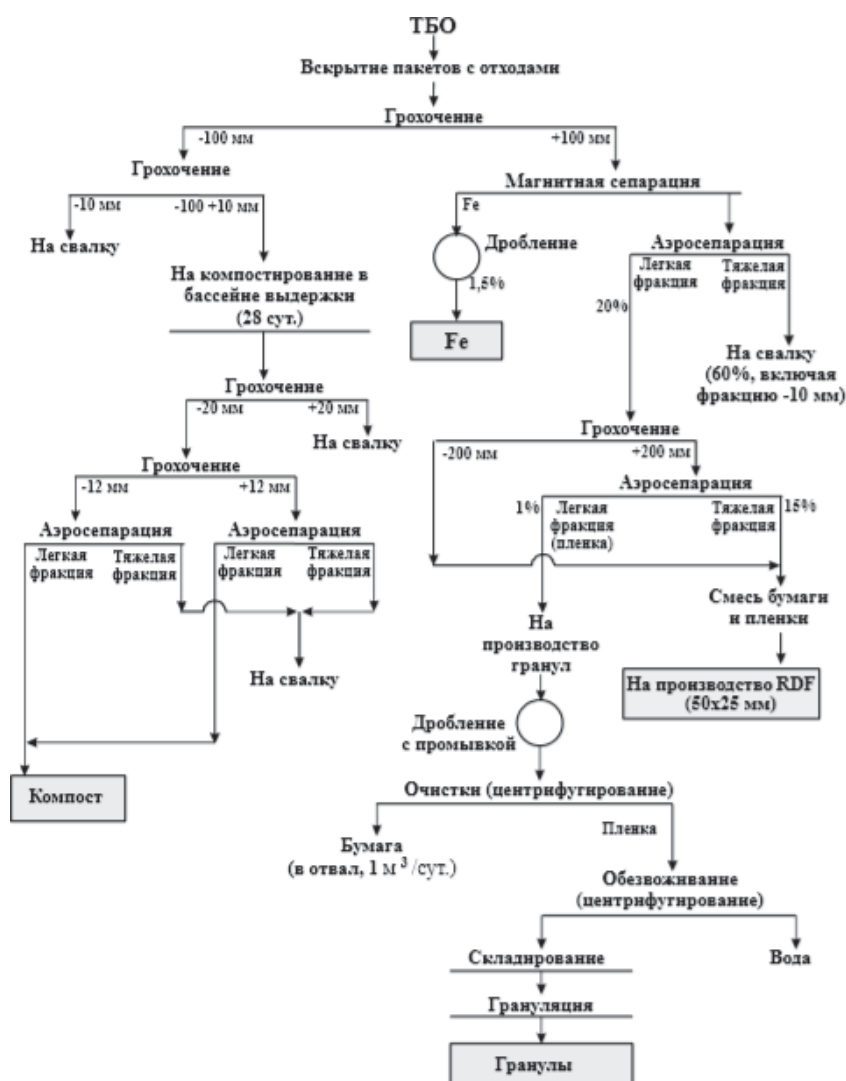


Рисунок 92 – Технологическая схема сортировки и переработки ТКО на заводах фирмы Sorain Cecchini (Италия).

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdih-bytovyh-othodov/>)

Очевидно, использовать эту схему целиком для технологий российских ТКО нецелесообразно, заслуживают внимания лишь отдельные технологические операции.

На рисунке 93 приведена схема сортировки ТКО фирмы Asahi Juken (Япония).

Технология предусматривает грохочение исходных ТКО по классу 50 и 200 мм в трехзонном барабанном грохоте, последующую раздельную магнитную сепарацию мелких классов –50 мм и –200 +50 мм и ручную сортировку крупной фракции +200 мм. В процессе ручной сортировки фракции +200 мм предполагается выделять смесь пластмассовых отходов и цветной металл; аналогичная ручная сортировка предусмотрена для средней фракции –200 +50 мм.

Отходы ручной сортировки подвергаются магнитной сепарации. Хвосты от нее поступают на дробление и затем на аэросепарацию с выделением легкой фракции для производства этанола. Тяжелая фракция аэросепарации является отвалной.

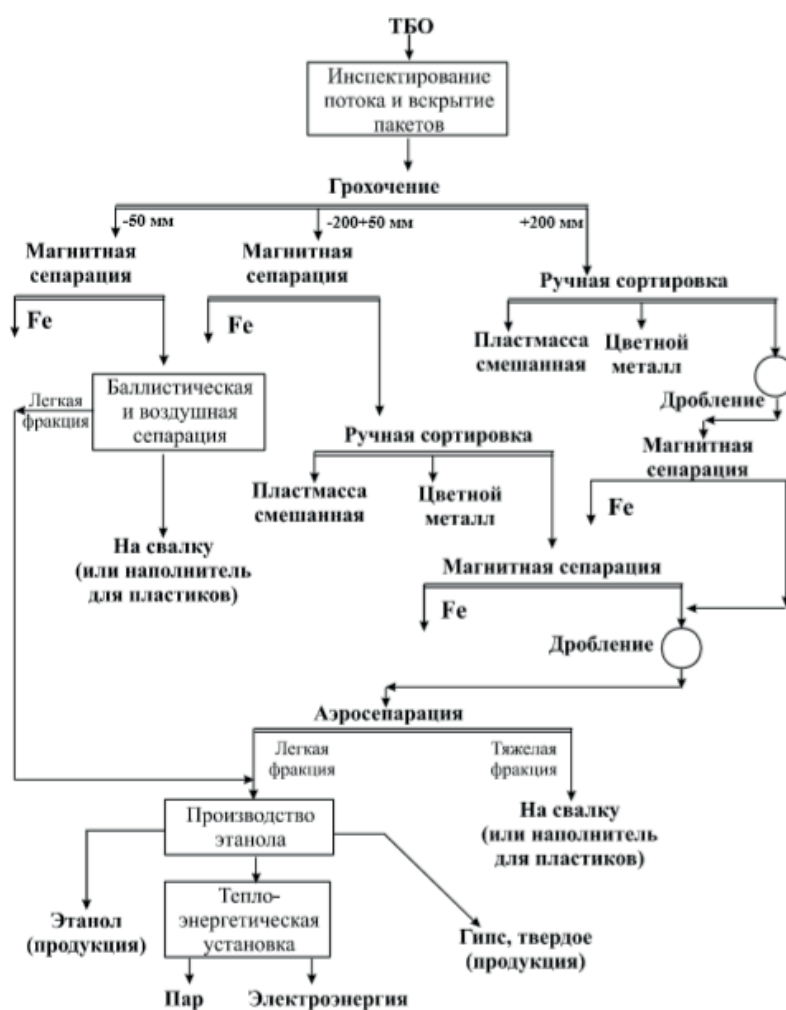


Рисунок 93 – Технологическая схема сортировки ТКО фирмы Asahi Juken (Япония).

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdyh-bytovykh-othodov/>)

Фракция +100 мм подвергается одностадийной магнитной сепарации и затем аэросепарации, где в месте перегрузки с конвейера на конвейер материал подвергается току воздуха, легкие компоненты при этом засасываются воздухом и выносятся

в циклон.

Из хвостов магнитной сепарации мелких классов первичного грохочения –50 мм также с помощью воздушной сепарации выделяют мелкую фракцию, направляя ее в производство этанола.

Технологическую схему фирмы Asahi Juken нельзя считать эффективной. КПД первичного грохочения по узким классам крупности невысок, не оправдана реализация магнитной сепарации в четырех точках технологической схемы.

Цветные металлы практически не содержатся в классе +200 мм, и их извлечение из этого класса планировать нельзя. Не оправдано двухстадийное дробление класса +200 мм, значительная часть пищевых и растительных отходов в производство этанола не поступает и безвозвратно теряется в виде тяжелой фракции аэросепарации.

Совершенно очевидно, что практическое использование технологической схемы для сепарации российских ТКО нецелесообразно.

На рисунке 94 приведена технологическая схема сортировки ТКО на заводе в г. Кельне (Германия).

По существу, это первый в Германии опыт включения в технологическую схему промышленной переработки ТКО операции сортировки отходов перед их сжиганием.

Этот опыт можно рассматривать как развитие методов подготовки ТКО к сжиганию, решаемой в основном за счет организации селективного сбора отходов в местах их образования.

Как видно из рисунка 93, первичная сортировка исходных ТКО на заводе осуществляется в трехзонном барабанном грохоте по классу 80 и 400 мм. Класс –80 мм подвергается магнитной сепарации и направляется на сжигание. Класс –400 +80 мм подвергается магнитной сепарации и ручной сортировке и также направляется на сжигание, класс +400 мм (выход – 15 %) подвергается дроблению и сжиганию.

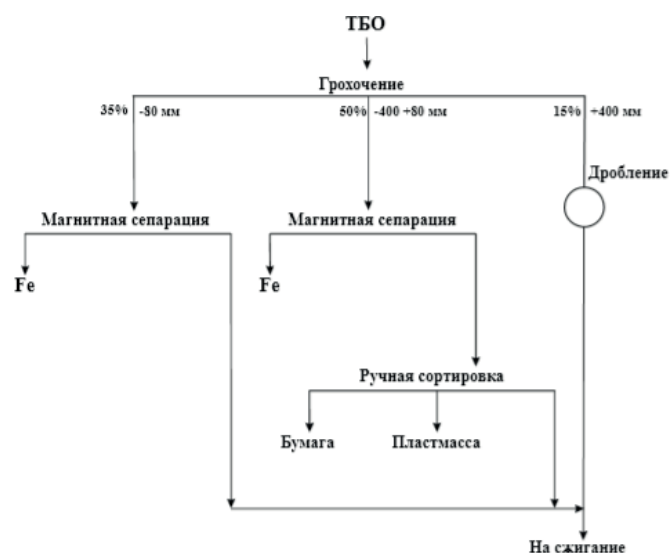


Рисунок 94 – Технологическая схема сортировки ТКО на заводе в г. Кельне (Германия).

(Источник - <https://extxe.com/24851/sortirovka-tverdih-bytovyh-othodov/>)

Технологическая схема сортировки ТКО в г. Кельне не является совершенной. Основные недостатки технологии: грохочение по классу 80 мм неэффективно; не предусмотрено извлечение цветных металлов; низкое извлечение черного металла из класса $-400 +80$ мм в условиях нерегулируемого потока отходов большой толщины.

Анализ пяти современных зарубежных схем сепарации ТКО показывает, что они не являются универсальными. Их нецелесообразно использовать при переработке российских ТКО, отличающихся более сложным составом. В большинстве случаев зарубежные технологии, решая частную задачу извлечения тех или иных ценных компонентов для коммерческой реализации, не предусматривают создание условий, обеспечивающих полноту извлечения этих компонентов, и не решают комплексно задачу подготовки отходов к дальнейшей переработке тем или иным способом.

Лучшая из анализируемых технологическая схема сепарации ТКО фирмы Foster Wheeler. Заслуживают внимания построение технологии фирмы Sorain Cecchini. Практикой доказана также невысокая эффективность грохочения исходных ТКО по тонким классам крупности, поэтому схемы, включающие такие операции, не оптимальны для российских ТКО. Применение ручного труда в технологиях сепарации ТКО не является достоинством технологии, а механизированное извлечение цветных металлов из ТКО реализовано только на фирме Foster Wheeler. Вместе с тем ни одну из этих технологий нецелесообразно использовать без адаптации для сепарации российских ТКО.

Как показывает анализ, практически все зарубежные технологии предусматривают регулирование потока отходов, подвергаемых сепарации, с помощью грохочения. Очевидно, эффективность технологии сепарации должна быть выше, если для регулирования потока отходов, направляемых на сепарацию, использовать не только методы грохочения, а также воздушную сепарацию, разделяющую поток ТКО на легкую и тяжелую фракции. Аэросепарация основного потока ТКО также является операцией, способствующей подсушке отходов, повышению полноты извлечения металлов, отделению инертных компонентов.

По данным ситового анализа, основная часть ТКО, образующихся у населения, приходится на класс -150 мм. В этом классе концентрируется около 80 % черного металла, 80 % луженой тары, более 95 % лома алюминия, 60 % бумаги. При обогащении ТКО стоит техническая задача селективного разделения компонентов, входящих в узкий класс крупности $-200(-150) +0$ мм, а также отделения крупнокусковых компонентов.

Размещение твердых бытовых отходов на полигонах.

Самый распространенный способ обращения с твердыми бытовыми отходами – размещение на полигонах. Строительство и эксплуатация данных площадок должны отвечать нормативным требованиям:

- максимально допустимый коэффициент фильтрации для материала, изолирующего основание полигона – $0,00005$ см/сек;

- по периметру полигона должна присутствовать нагорная канава для отведения загрязненных вод. Альтернативный подход решения задачи – перекачка жидкости на верхний слой мусора для интенсификации биотермического процесса. Обязательное условие – наличие качественной гидроизоляции, установки для сбора и обезвреживания загрязненных вод;

- на полигоне должна быть выделена хозяйственная зона для технического обслуживания (мойки) спецтранспорта, который перевозит твердые бытовые отходы;

- срок эксплуатации объекта редко превышает 20 лет. Сегодня под полигоны задействованы огромные земельные площади. Даже небольшое отклонение от нормативных требований при строительстве и размещении ТБО могут стать причиной загрязнения подземных и поверхностных вод, почвы, атмосферного воздуха.

Существуют и другие экологические проблемы, связанные с эксплуатацией полигонов. В результате захоронения безвозвратно теряется большой объем вторичных ресурсов. Даже грамотно спроектированный и построенный полигон – это объект, представляющий санитарно-эпидемиологическую опасность. Чем больше площадей отводят на размещение ТБО, тем сильнее смещается экологическое равновесие в сторону синантропных животных и патогенных микроорганизмов. В процессе и после окончания срока эксплуатации полигона мусор, который размещен на территории, еще несколько десятков лет выделяет в воздух и почву фильтрат и газы. Среди них метан – причина «парникового эффекта», аммиак, сероводород, летучие амины.

Отходы производства подлежат захоронению только в санкционированных местах захоронения отходов

Допускается захоронение отходов производства на объектах захоронения твердых коммунальных отходов:

- 4-го класса опасности и неопасных с влажностью не более восьмидесяти процентов;

- 3-го класса опасности с влажностью не более восьмидесяти процентов и в

- количестве не более тридцати процентов от массы твердых коммунальных отходов.

Не допускается захоронение на объектах захоронения твердых коммунальных отходов:

- трупов и фрагментов тел и тканей животных;

- отходов, загрязненных радиоактивными веществами;

- необезвреженных (необеззараженных) медицинских отходов.

Отходы 1-го и 2-го классов опасности захоронению не подлежат.

Объекты захоронения отходов размещаются за пределами жилой зоны и на обособленных территориях с обеспечением нормативных размеров санитарно-защитной зоны в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области

санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Не допускается размещение объектов захоронения отходов:

- на территории зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения;

- во всех зонах рекреации поверхностных водных объектов;

- в местах выхода на поверхность трещиноватых пород;
- в местах выклинивания водоносных горизонтов;
- на участках с выходом подземных вод на земную поверхность;
- в местах массового отдыха населения;
- на болотистых участках глубиной более 1 м;
- на территориях, подверженных паводкам;
- без проведения инженерных изысканий, включающих гидрологическую характеристику и гидрогеологическую характеристику грунтов;
- без гидроизоляции дна и стенок ложа отходов.

Объекты захоронения отходов размещаются на земельном участке с преимущественно глиняной или суглинистой почвой, ниже потока грунтовых вод относительно ближайших населенных пунктов.

Условия размещения и эксплуатации объектов захоронения отходов должны исключать возможность загрязнения и засорения нецентрализованных систем питьевого водоснабжения.

Проектные, организационные, технические и инженерно-строительные решения при проектировании объекта захоронения отходов, условия его эксплуатации должны обеспечивать соблюдение гигиенических нормативов для атмосферного воздуха и почвы на границе санитарно-защитной зоны, воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования в пунктах водопользования на протяжении всего периода его эксплуатации.

При эксплуатации объектов захоронения отходов должен осуществляться производственный контроль в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

На территории объектов захоронения отходов должна быть хозяйственно-складская зона для размещения вспомогательных, бытовых зданий и сооружений.

Территория хозяйственно-складской зоны должна иметь ограждение, твердое покрытие, освещение в темное время суток.

На территории объектов захоронения отходов допускается размещать специальные установки для сжигания отходов, сооружения мойки, дезинфекции транспортных средств и машинных механизмов, а также пункты сортировки и сбора вторичных материальных ресурсов.

На выезде из объектов захоронения отходов должна быть оборудована контрольно-дезинфицирующая установка с устройством бетонной ванны, обеспечивающей возможность дезинфекции колес транспортных средств.

В случае загрязнения отходами прилегающих к рабочим картам территорий объекта захоронения твердых коммунальных отходов, включая подъездные дороги, хозяйственно-складскую зону, юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями, эксплуатирующими объект захоронения отходов, обеспечивается уборка и доставка отходов на рабочие карты.

На объектах захоронения твердых коммунальных отходов, у мест разгрузки и складирования отходов, перпендикулярно направлению господствующих ветров должны устанавливаться сетчатые ограждения для задержки легких фракций отходов.

Не допускается попадание легких фракций отходов, смыв атмосферными

осадками части отходов за пределы территории объекта захоронения твердых коммунальных отходов.

На объектах захоронения твердых коммунальных отходов, по периметру зоны захоронения, обустроивается кольцевой канал глубиной не менее 2 метров и кольцевой вал высотой не менее 2 метров.

Допускается использование территории выведенного из эксплуатации объекта захоронения отходов:

- под лесопосадки – при обеспечении толщины верхнего изолирующего слоя не менее 0,25 м;

- в качестве горок для лыжного спорта – при обеспечении толщины верхнего изолирующего слоя не менее 0,6 м;

- в качестве территории для складов непищевого назначения – при обеспечении толщины верхнего изолирующего слоя не менее 1,5 м.

Не допускается использование территории выведенного из эксплуатации объекта захоронения отходов для выращивания сельскохозяйственных культур и под капитальное строительство зданий, если иное не предусмотрено законодательными актами Республики Беларусь.

Не допускается использование свалочного грунта в процессе строительства.

Рассмотрим проблемы, связанные с захоронением ТБО в так называемых могильниках. В их число входят:

- вымывание веществ и загрязнение грунтовых вод;

- образование метана;

- самовозгорание;

- сдувание мусора;

- биогенная опасность;

- просадка грунта.

Наиболее серьезной из перечисленных является первая проблема - вымывание веществ и загрязнение грунтовых вод. По мере просачивания воды сквозь любой материал в ней растворяются и с ней выносятся различные химические вещества. Такая вода, проходя через отходы, образует особенно ядовитый фильтрат: в нем наряду с остатками разлагающейся органики присутствуют железо, ртуть, свинец, цинк и другие металлы из ржавых банок, негодных батареек и электроприборов, а также красители, пестициды, моющие средства и другие химикаты. Этот ядовитый раствор поступает в подземные водоносные горизонты, и оттуда вредные вещества могут попасть и в питьевые воды.

Образование метана – это вторая проблема. Так как у захороненного мусора практически нет доступа к кислороду, его разложение идет анаэробно, при этом образуется легковоспламеняющийся метан. В ряде городов указанную проблему решают путем устройства на месте свалок «газовых скважин», перехватывающих образующийся метан, который можно впоследствии использовать как топливо или для других целей.

Термоопасность связана с выделением теплоты при разложении отходов – возможно возгорание и распространение пожаров.

Биогенная опасность связана с распространением насекомых, крыс, привлечением птиц, присутствием в разлагающихся отходах болезнетворных

микроорганизмов.

Просадка грунта. С течением времени по мере разложения отходы проседают. При этом образуются неглубокие впадины, в них скапливается вода и весь участок впоследствии превращается в болото с ядовитой водой. В недрах свалки также формируется весьма токсичная жидкость (“фильтрат”), попадание которой в водоемы или в подземные воды крайне нежелательно.

Для периодического контроля за качеством грунтовых вод по периметру свалки устраиваются так называемые мониторинговые колодцы.

Требования к современным полигонам включают требования к выбору площадки, конструкции, эксплуатации, мониторингу, выводу из эксплуатации и к предоставлению финансовых гарантий (страховка на случай бедствий и проч.).

При выборе площадки стараются избегать соседства аэропортов, площадки не располагают в поймах водоемов, поблизости от водно-болотных угодий, тектонических разломов и сейсмически небезопасных зон.

Безопасная эксплуатация полигона подразумевает следующие меры:

- процедуры исключения опасных отходов и ведение записи по всем принимаемым отходам и точным координатам их захоронения;

- обеспечение ежедневного покрытия сваливаемых отходов грунтом или специальной пеной для предотвращения разноса отходов;

- борьбу с переносчиками болезней (крысами и т.д.) обычно обеспечивается использованием ядохимикатов;

- откачку взрывоопасных газов из недр свалки (затем метан может быть использован для производства электричества – по всей Великобритании подобные установки производят 80 МВт), для этого в нее должны быть встроены специальные вертикальные перфорированные трубы;

- на полигон должен осуществляться только контролируемый доступ людей и животных – периметр должен быть огорожен и охраняться;

- гидротехнические сооружения должны минимизировать попадание дождевых стоков и поверхностных вод на полигон, а все поверхностные стоки с полигона должны направляться на очистку; жидкость, которая выделяется из отходов, не должна попадать в подземные воды – для этого создаются специальные системы гидроизоляции;

- эта жидкость должна собираться системой дренажных труб и очищаться перед попаданием в канализацию или природные водоемы;

- регулярный мониторинг воздуха, грунтовых и поверхностных вод в окрестностях полигонов.

Особое внимание уделяется выводу полигона из эксплуатации и последующей рекультивации. Как правило, исходный проект полигона уже включает план мероприятий по рекультивации, длительному мониторингу закрытого полигона и т.п. В США законы многих штатов требуют от компании, управляющей полигоном, создания специального фонда рекультивации. Такой фонд формируется в течение всего времени работы полигона за счет отчислений от получаемого дохода и должен обеспечить необходимые средства независимо от смены собственника полигона, банкротства компании и т.п.

Для полигона выбирают место по возможности в глинистом грунте, в котором

можно складировать отходы в течение 20-25 лет и более. Основание выбранной площади делают в виде котлована глубиной примерно 1,5 м. Фильтрат скапливается в нем, остается в пределах полигона и не загрязняет водоем и подземные воды. При необходимости (большое количество осадков) фильтрат забирают со дна полигона насосными установками и разбрызгивают по поверхности укладываемых отходов. Одна часть фильтрата испаряется с поверхности, другая проникает вглубь, где вызывает медленный биотермический процесс с повышением температуры примерно до 30 °С. До дна доходит не более 5 % перекачиваемой жидкости. Если глинистого грунта нет, и основание для полигона приходится делать в водопроницаемых грунтах, дно корыта выстилают слоем привозной глины толщиной 0,5 м.

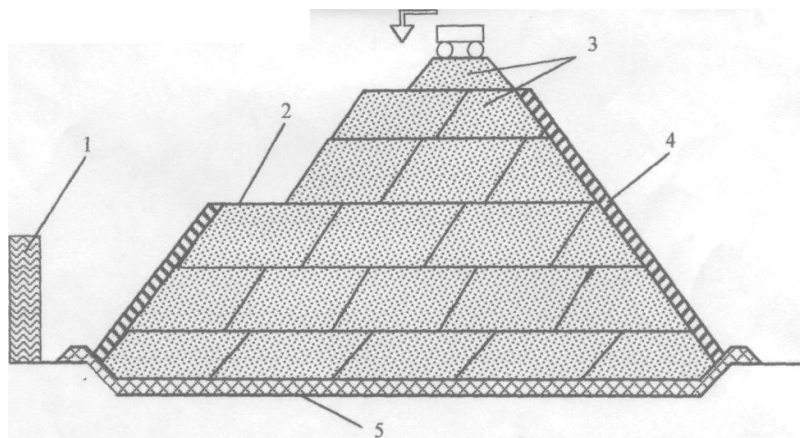


Рисунок 95 – Схематичный разрез полигона для твердых отходов:

1 – лесозащитная полоса (зеленая зона); 2 – промежуточный изолирующий слой; 3 – отходы; 4 – укрывающий наружный слой растительного грунта; 5 – естественное или искусственное водопорное основание (глина)

(Источник - <https://studfile.net/preview/2959574/page:4/>)

Интересный комплексный полигон для захоронения и переработки промышленных отходов был создан еще в СССР г. Санкт-Петербург (рисунок 95). В его состав были включены участки приема и обезвреживания отходов гальванических производств, приема и захоронения органических отходов, захоронения особо вредных отходов, приема и сжигания жидких горючих и других отходов. Полигон имеет контрольно-пропускной пункт, лабораторию, административное здание, на его территории и за ее пределами ведется контроль за состоянием поверхностных и грунтовых вод, а также чистотой воздушной среды.

Территория, выбранная под полигон, подстилается твердыми и полутвердыми, практически водопорными отложениями нижнекембрийских глин с мощностью пласта около 70 м, залегающих на сравнительно небольшой глубине от поверхности Земли (до 4 м). Под ними находятся слабоводоносные пески и песчаники мощностью до 20 м.

В течение суток вывозят отходы на одну площадку полигона и уплотняют бульдозерами послойно до двухметровой высоты. На следующие сутки отходы вывозят на другую площадку, а предыдущую обязательно укрывают изолирующим слоем грунта толщиной 0,25 м. Изоляция грунтом и его последующее уплотнение

препятствует загрязнению окружающей воздушной среды, а также распространению мух и грызунов. По мере загрузки полигона отходами из разровненных слоев извлекают металлолом.

Для сокращения площади полигон загружают многослойно. Конструктивные схемы допускают высоту 60 м. При этом для устойчивой работы бульдозера необходимо устраивать пологий внешний откос, образующий с горизонтом угол в 15° . После заполнения полигона поверхность его покрывают растительным грунтом.

Расход земельных площадей под полигоны твердых отходов зависит от численности обслуживаемых жителей в городе и высоты складирования.

Для размещения полигонов твердых отходов можно использовать овраги и другие неудобные земли. При этом планировка и организация (порядок) загрузки полигонов отходами определяются конкретными (местными) условиями.

Участки под полигоны отводят на значительном расстоянии от других зданий и сооружений, поэтому на них необходимы бытовые помещения для эксплуатационного персонала и оборудование для простейших работ по обслуживанию техники. В составе хозяйственной зоны, где располагаются эти помещения и оборудование, проектируют производственно-бытовое здание, навес или гараж для машин и механизмов. Склад горюче-смазочных материалов (ГСМ), трансформаторную подстанцию, площадку для складирования сборных плит для временных дорог. Степень капитальности этих сооружений зависит от мощности полигона и расчетного срока его эксплуатации.

После полной загрузки полигона и закрытия его растительным грунтом поверхности последнего можно использовать для устройства парков, садов, игровых площадок и пр.

Строительство полигонов осуществляется в соответствии с проектом, разработанным специализированными организациями в соответствии с требованиями, предъявляемыми санитарными нормами и правилами. Проект полигона захоронения отходов должен предусматривать защиту окружающей среды при размещении отходов, которые нельзя уменьшить, переработать, превратить в компост, сжечь или утилизировать каким-либо другим методом.

В состав проекта полигона входят: общая пояснительная записка; гидрогеологическая записка с обоснованием выбора площадки под строительство; технологический раздел, включающий расчет вместимости, технологическую схему с учетом очередности строительства, продольный и поперечный геологические разрезы, режим эксплуатации, расчеты потребности в рабочих кадрах, машинах и механизмах, рекомендации по рекультивации участка после закрытия полигона для приема отходов; строительный генеральный план участка с нанесением отметок вертикальной планировки, результатов планируемых работ по благоустройству территории, а также специальных природоохранных сооружений; раздел по оценке воздействия полигона на окружающую среду. В проект должны быть включены разделы по организации санитарно-защитной зоны и системы мониторинга, архитектурно-строительная часть. На стадии проектирования разрабатываются санитарно-эпидемиологические мероприятия и приводят бизнес-план и основные технико-экономические показатели

На полигонах обеспечивается статистическая устойчивость отходов с учетом

динамики уплотнения, минерализации, газовыделения, максимальной нагрузки на единицу площади, возможности последующего рационального использования участка после закрытия полигона.

Организация, эксплуатирующая полигон, разрабатывает регламент и режим работы полигона, инструкции по приему бытовых отходов с учетом требований производственной санитарии для работающих на полигоне. Службами организации осуществляется постоянный контроль за составом поступающих отходов, ведется круглосуточный учет поступающих отходов, осуществляется контроль за распределением отходов в работающей части полигона, обеспечивается технологический цикл по изоляции отходов.

Выбор участка для строительства полигона.

При выборе участка размещения полигона ТБО учитывают:

- климатогеографические особенности территории;
- почвенные особенности;
- рельеф местности;
- срок эксплуатации полигона и планируемый объем захоронения отходов;
- вид и класс опасности отходов;
- геологические и гидрогеологические условия.

Участок, отведенный для строительства полигона, должен отводиться в соответствии с утвержденным генеральным планом или проектом планировки и застройки города и его пригородной зоны.

На участке, предназначенном для размещения полигона, проводится санитарное обследование, геологические и гидрогеологические изыскания. Наиболее перспективными и пригодными для этих целей являются места, где в основании полигона выявлены глины или тяжелые суглинки, а грунтовые воды находятся на глубине более 2 м.

Не допускается размещение полигона на территории I и II поясов зон санитарной охраны водоисточников и минеральных источников; во всех зонах охраны курортов; в местах выхода на поверхность трещиноватых пород; в местах массового отдыха и оздоровительных учреждений; в болотистой местности (болота глубиной более 1 м), в местах выклинивания водоносных горизонтов и на участках с выходами грунтовых вод в виде ключей

Размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) от границ жилой застройки до границ полигона составляет 500 м. Размер СЗЗ может уточняться при расчете газообразных выбросов в атмосферу с учетом условий рассеивания. В этом случае границы СЗЗ устанавливаются по изолинии значений 1 ПДК, если она выходит из границ установленной нормативной зоны. Для уменьшения размеров СЗЗ разрабатывается проект СЗЗ, который согласовывается с территориальными органами санитарно-эпидемиологической службы и природоохранными органами.

Срок эксплуатации и объем захоронения отходов. Площадь участка, отводимого под полигон, выбирается, как правило, из условия срока его эксплуатации не менее 15–20 лет. Проектируемая вместимость полигона рассчитывается для обоснования требуемой площади участка складирования ТБО. Требуемая для отвода площадь участка складирования ТБО определяется делением проектируемой вместимости полигона в м³ на среднюю высоту складирования отходов в метрах с

учетом их уплотнения.

Рельеф. Для размещения полигонов ТБО отводятся отработанные карьеры, свободные от ценных пород деревьев, участки в лесных массивах, овраги и другие территории.

Полигон размещают на ровной (спланированной) территории, исключающей возможность смыва атмосферными осадками части отходов и загрязнения ими прилегающих земельных площадей и открытых водоемов.

Наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к квадрату и допускающие максимальную высоту складирования ТБО (с учетом заложения внешних откосов 1:4). В отдельных случаях при благоприятных горно-геологических условиях заложение откосов может быть увеличено при условии разработки специального проекта и прохождения технической экспертизы в организации-разработчике инструкции.

Геологические и гидрогеологические условия. Цель геологических исследований — определение порядка напластования, мощности и состава пород, слагающих основание полигона, коэффициенты фильтрации грунтов всех разностей. При разнородных грунтах необходимо исследования проводить до водоупорного слоя и углубляться в него на 1–1,5 м. Минимальная глубина разведки 10 м.

Цель гидрогеологических исследований — определение уровня грунтовых вод (УГВ) и направления их потока. Для расчета водоотводных канав, защищающих полигон от потока поверхностных вод (дождевых и талых), собираются сведения об интенсивности и испаряемости атмосферных осадков и площади их водосбора.

Виды полигонов. Схема полигона. Основные элементы полигона.

Все работы по складированию, уплотнению и изоляции ТБО на полигонах выполняются механизированным способом.

Основными элементами полигона (рисунок 96) являются: подъездная дорога, участок складирования ТБО, хозяйственная зона, инженерные сооружения и коммуникации.

Территория хозяйственной зоны должна иметь твердое покрытие, освещение и въезд со стороны полигона.

На выезде из полигона должна быть контрольно-дезинфицирующая зона с устройством железобетонной ванны длиной 8 м, глубиной 0,3 м и шириной 3 м для дезинфекции колес мусоровозов. Ванна заполняется трехпроцентным раствором лизола и опилками.

По периметру всей территории полигона ТБО организуется ограждение. Ограждение могут заменять: осушительная траншея глубиной более 2 м, вал высотой более 3 м. В ограде полигона у производственно-бытового здания проектируются ворота или шлагбаум.

На полигоне выполняются следующие основные виды работ: прием, складирование и изоляция ТБО.

Учет принимаемых ТБО ведется по объему в неуплотненном состоянии. Отметка о принятом количестве ТБО делается в "Журнале приема твердых бытовых отходов".

Категорически запрещается вывоз на полигоны отходов, пригодных к использованию в народном хозяйстве в качестве вторичных ресурсов, а также

токсичных, радиоактивных и биологически опасных отходов.

Организация работ на полигоне определяется технологической схемой эксплуатации полигона, разрабатываемой в составе проекта. Технологическая схема представляет собой генплан полигона, определяющий с учетом сезонов года последовательность выполнения работ, размещения площадей для складирования ТБО и разработки изолирующего грунта.

Участок складирования разбивается на очереди эксплуатации. Складирование отходов ведется на высоту в 2-3 яруса (высота яруса принимается равной 2,0-2,5 м). Размер участка складирования должен обеспечивать прием ТБО с размещением их в одном ярусе в течение не менее 5 лет. Разбивка участка складирования на очереди выполняется с учетом рельефа местности.

Полигон может размещаться на горизонтальном участке, в этом случае организуется единственный котлован. При проектировании участка на местности, имеющий уклон, организуется каскад котлованов.

При проектировании полигона в выработанном пространстве карьера размещение отходов осуществляется послойным формированием ярусов по высоте.

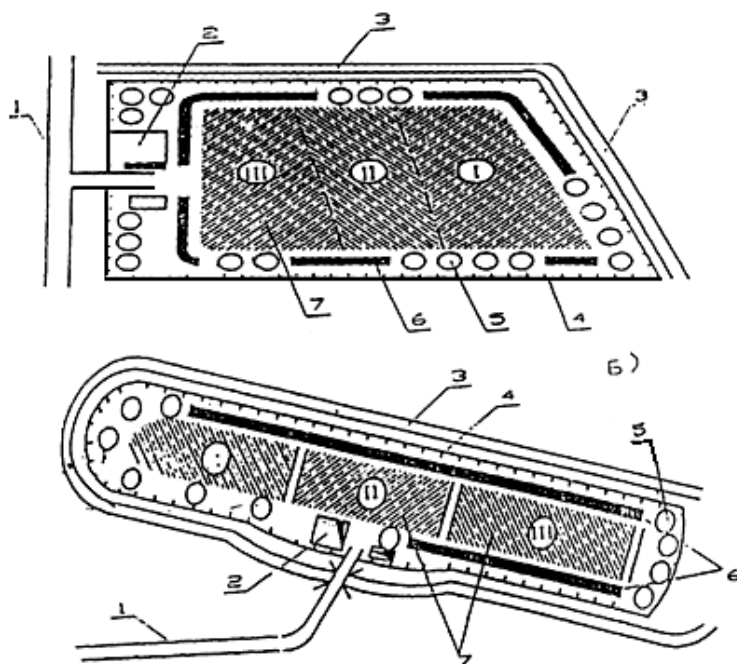


Рисунок 96 – Схема размещения основных сооружений полигона:

а - при соотношении длины и ширины полигона менее 1:2;

б - то же, при соотношении более 1:3:

1 - подъездная дорога; 2 - хозяйственная зона; 3 - нагорная канава; 4 - забор; 5 - зеленая зона; 6 - грунт для изолирующих слоев; 7 - площадки складирования отходов I, II и III очереди эксплуатации.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

Схематический разрез полигона представлен на рисунке 97.

На выбранном под полигон участке выполняются топографическая съемка, геологические и гидрогеологические изыскания и санитарные исследования. Для проектирования полигона необходимо иметь план всего участка в масштабе 1:1000 с горизонталями через 1 м. План участка хозяйственной зоны, инженерных

сооружений и внешних коммуникаций составляется в масштабе 1:500 с горизонталями через 0,5 м (проект внешних сетей большой протяженности может выполняться в масштабе 1:1000).

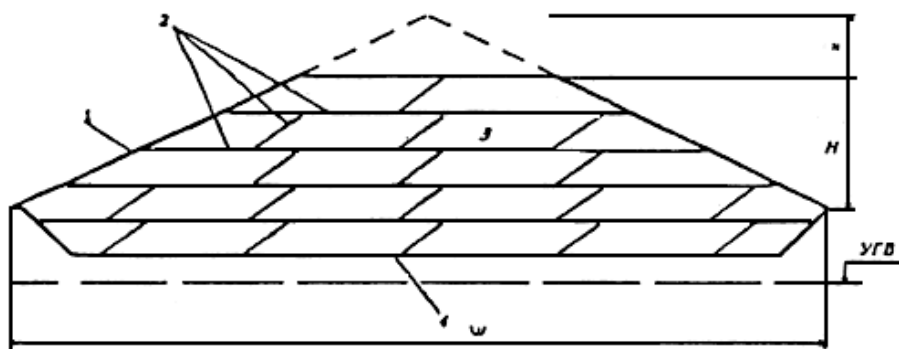


Рисунок 97 – Схематический разрез полигона ТБО

1 - наружная (окончательная) изоляция; 2 - промежуточная изоляция; 3 - ТБО; 4 - водоупорное основание; Н - высота; н - показатель снижения высоты; Ш - ширина; УГВ - уровень грунтовых вод.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

Геологические исследования определяют порядок напластования, мощность и состав пород, слагающих основание полигона, коэффициенты фильтрации грунтов всех разностей. Минимальная глубина разведки - 10 м. При разнородных грунтах исследования необходимо проводить до водоупорного слоя и углубляться в него на 1 - 1,5 м.

Гидрогеологические исследования определяют уровень грунтовых вод (УГВ) и направление их потока. Для расчета водоотводных канав, защищающих полигон от потока поверхностных вод (дождевых и талых), собираются сведения об интенсивности и испаряемости атмосферных осадков и площади их водосбора.

В результате геологических и гидрогеологических изысканий должны быть составлены: план расположения шурфов (скважин), геологические (литологические) профили, заключение гидрогеолога о пригодности намеченного участка под полигон ТБО и рекомендации по инженерной защите окружающей природной среды.

Для полигонов с нагрузкой на основание 10 т/кв. м или 100 тыс. т/га проводятся комплексные геологические исследования, включающие более полное изучение гидрогеологических, геофизических, ландшафтно-геофизических и других условий отведения земельного участка, с составлением прогноза возможного отрицательного воздействия объекта на природные экосистемы в перспективе (30 - 50 лет).

С учетом этих материалов заключение о пригодности выбранного участка под устройство полигона ТБО выдают органы охраны природы и санитарно-эпидемиологического надзора города (района, области).

На участке складирования проектируется устройство котлована с целью получения грунта для промежуточной и окончательной изоляции. Уровень грунтовых вод должен быть на 1 м ниже днища котлована.

Размещение грунта из котлованов первой очереди проектируется в кавальерах по периметру полигона, из котлованов второй очереди грунт подается на изоляции

ТБО и ОГСВ на картах первой очереди.

Днище котлована проектируется, как правило, горизонтальным, обеспечивая равномерное распределение фильтрата по всей площади основания полигона.

Участки с уклоном. На участках с уклоном более 0,5 % проектируется каскад котлованов (рисунок 98).

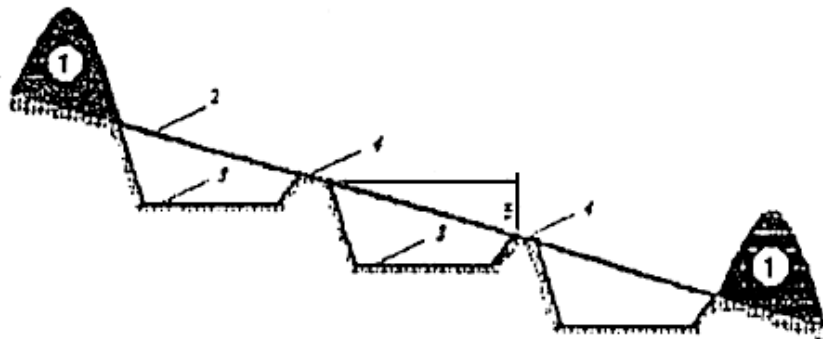


Рисунок 98 – Высотное размещение котлована в основании полигона:

1 - кавальер грунта для изолирующих слоев; 2 - уровень поверхности участка до разработки котлованов; 3 - горизонтальное основание; 4 - промежуточный вал.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

Перепад верхнего и следующих промежуточных котлованов, а также разность отметок оснований двух смежных котлованов должны быть не более 1 м (при большей разности требуется расчет на устойчивость валов). При необходимости по верху промежуточных валов проектируется временная дорога для проезда мусоровозов. На участках, размещаемых в оврагах, каскад котлованов образуется плотинами. Основание котлована должно иметь слой связанного грунта, к таким относятся глины в естественном состоянии с коэффициентом фильтрации воды не более 10-5 см/с (0,0086 м/сут.) и толщиной не менее 0,5 м.

Выработанные карьеры. При организации складирования ТБО в выработанных карьерах (глубоких котлованах) должен обеспечивать съезд и разгрузку мусоровозов на нижней отметке с послойным заполнением карьера по высоте. При отсутствии съезда, земельный участок под складирование ТБО в выработанных карьерах должен включать площадку для устройства съезда (пандуса) в выемке, вне котлована с уклоном 5 %. Участок должен также предусматривать возможность разработки получения грунта для изоляции.

Траншейная схема. Траншейная схема применяется для полигонов, принимающих 120 тыс. м³/год ТБО и менее.

Высотная траншейная схема проектируется с устройством траншей в 2-3 яруса по высоте (рисунок 99). Отметка основания траншей 2-го яруса выполняется на 1 м выше отметки основания 1-го яруса. Изолирующим материалом траншей 2-го и 3-го ярусов служит смесь грунта и частично минерализованных ТБО. На рис.6 представлена траншейная схема в условиях песчаных и супесчаных грунтов.

Организация работ на полигоне.

Организация работ на полигоне должна обеспечивать охрану окружающей среды, максимальную производительность средств механизации и технику безопасности.

Разгрузка машин, доставляющих ТБО

На полигоне должна быть организована бесперебойная разгрузка мусоровозов. Разгрузка прибывающих на полигон мусоровозов осуществляется непосредственно у рабочей карты. Площадка разгрузки мусоровозов перед рабочей картой разбивается на два участка. На одном участке разгружаются мусоровозы, на другом работают бульдозеры или катки-уплотнители.

Продолжительность приема мусоровозов под разгрузку на одном участке площадки принимается равной 1-2 ч. Минимальная площадь перед рабочей картой с учетом разбивки ее на две части должна обеспечивать одновременно не менее 12 % разгрузки мусоровозов, прибывающих в течение рабочего дня.

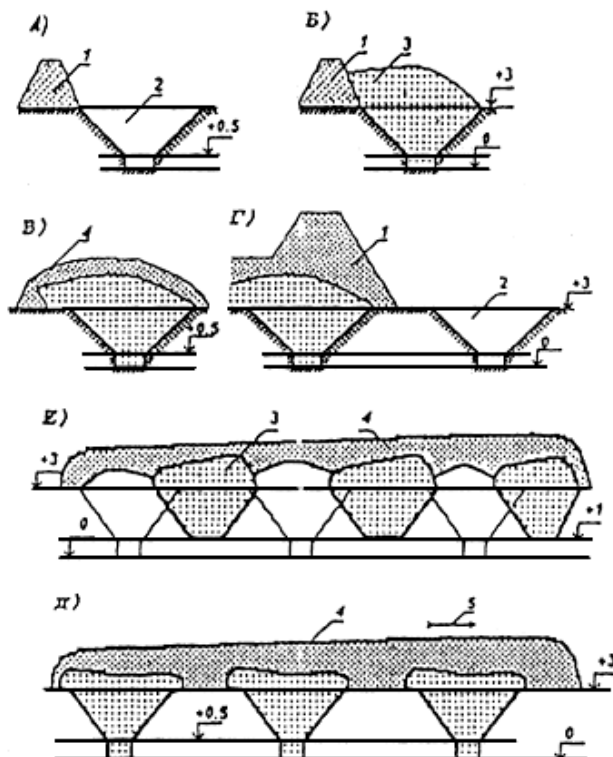


Рисунок 99 – Высотная траншейная схема:

а - поперечный разрез траншеи 1-го яруса для засыпки ТБО; б - то же, полностью заполненной ТБО; в - то же, изолированной грунтом; г - поперечный разрез второй траншеи 1-го яруса; д - изолированные траншеи 1-го яруса; е - изолированные траншеи 2-го яруса; 1 - грунт, вынутый при рытье траншей; 2 - траншея; 3 - ТБО; 4 - промежуточная изоляция;

Вертикальные отметки: 0 - основание траншей 1-го яруса; +0,5 - начало залегания глинистых грунтов; +1 - основание траншей 2-го яруса; +3 - поверхности участка до рытья траншей.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

Складирование отходов на рабочей карте

Складирование ТБО осуществляется на рабочей карте. Не допускается беспорядочное складирование ТБО по всей площади полигона, за пределами рабочей карты. Инструкцией установлены следующие размеры рабочей карты: ширина 5 м (для траншейных карт - 12 м), длина 30-150 м. Бульдозеры сдвигают ТБО на рабочую карту, создавая слои высотой до 0,5 м. За счет 12-20 уплотненных слоев создается вал с пологим откосом высотой 2 м над уровнем площадки разгрузки мусоровозов.

Вал следующей рабочей карты "надвигают" к предыдущему (складированием по методу "надвиг"). При этом методе отходы укладывают снизу вверх (рисунок 100). Уплотненный слой ТБО высотой 2 м изолируется слоем грунта 0,25 м (при обеспечении уплотнения в 3,5 раза и более допускается изолирующий слой толщиной 0,15). Разгрузка мусоровозов перед рабочей картой должна осуществляться на слое ТБО, со времени укладки и изоляции которого прошло более 3 мес. (по мере заполнения карт фронт работ отступает от ТБО, уложенных в предыдущие сутки) (рисунки 100, 101).

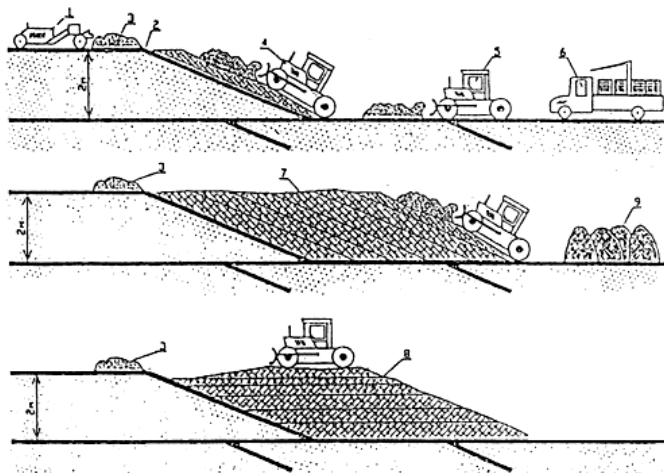


Рисунок 100 – Укладка отходов методом “надвига” (снизу вверх):

1 — скрепер, доставляющий грунт; 2 — изолирующий слой; 3 — грунт для изоляции; 4 — бульдозер, уплотняющий ТБО; 5 — бульдозер, транспортирующий ТБО от места выгрузки из мусоровоза к рабочей карте; 6 — мусоровоз на месте выгрузки; 7 — укладка наклонных слоев; 8 — укладка тонких горизонтальных слоев; 9 — выгруженные ТБО.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

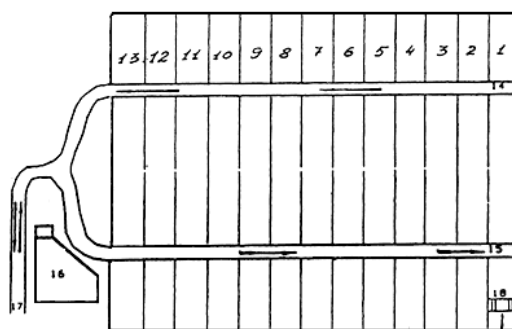


Рисунок 101 – Схема движения транспорта и очередность заполнения рабочих карт при складировании отходов методом “надвига” (снизу вверх):

1-13 — нумерация карт с учетом очередности заполнения их ТБО; 14 — временная дорога для выезда разгрузившихся мусоровозов; 15 — временная дорога для прибывающих мусоровозов с ТБО; 16 — хозяйственная зона; 17 — постоянная подъездная дорога к полигону; 18 — поперечная полоса карты с условным показом следа от двух гусениц и направления движения уплотняющего бульдозера.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

Складирование ТБО методом "сталкивания" осуществляется сверху вниз. Высота откоса должна быть не более 2,3 м. При методе "сталкивания" в отличие от

метода "надвига" мусоровозный транспорт разгружается на верхней изолированной поверхности рабочей карты, образованной в предыдущий день (рисунок 102). По мере заполнения карт фронт работ движется вперед по уложенным в предыдущие сутки ТБО (рисунок 103).

Сдвигание разгруженных мусоровозами ТБО на рабочую карту осуществляется бульдозерами всех типов. Для повышения производительности бульдозеров (на 30-40 %) рекомендуется отвалы, имеющие большую ширину и высоту

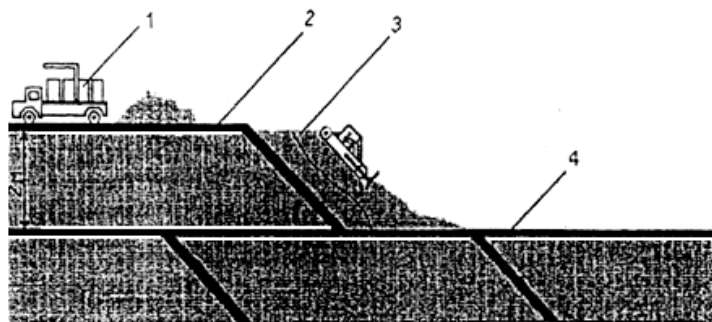


Рисунок 102 – Укладка отходов методом “сталкивания” (сверху вниз):

1 — мусоровоз на месте разгрузки; 2 - изоляция, нанесенная в предыдущий день; 3 — уплотненные отходы на рабочей карте; 4 — изоляция, нанесенная 0,5-1 год назад.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

Уплотнение уложенных на рабочей карте ТБО слоями до 0,5 м осуществляется тяжелыми бульдозерами массой 14 т и на базе тракторов мощностью 75-100 кВт (100-130 л.с.) или катками-уплотнителями КМ-305 и др.

Уплотнение слоями более 0,5 м не допускается. Уплотнение осуществляется 2-4-кратным проходом бульдозера (катка) по одному месту. Бульдозеры (катки), уплотняющие ТБО, должны двигаться вдоль длинной стороны карты. При 2-кратном проходе бульдозера уплотнение ТБ составляет 570-670 кг/м³, при 4-кратном проходе - 670-800 кг/м³. Каток КМ-305 за четыре прохода уплотняет слой ТБО 0,5 м до 850 кг/м³.

В летние жаркие месяцы для предотвращения возгорания массива отходов осуществляют увлажнение ТБО. Расход воды на полив принимается 10 л на 1 м³ ТБО.

Промежуточная и окончательная изоляция уплотненного слоя ТБО осуществляется грунтом. В качестве изолирующего материала разрешается также использовать строительные отходы, отходы производства (отходы извести, мела, соды, гипса, графита и т.д.).

При складировании ТБО на открытых, незаглубленных картах промежуточная изоляция в теплое время года осуществляется ежесуточно, в холодное время года — с интервалом не более трех суток. Слой промежуточной изоляции составляет 0,25 м, при уплотнении ТБ катками КМ-305 - 0,15 м. Разработка грунта и доставка его на рабочую карту производится скреперами. Схема организации работ показана на рисунках 104, 105.

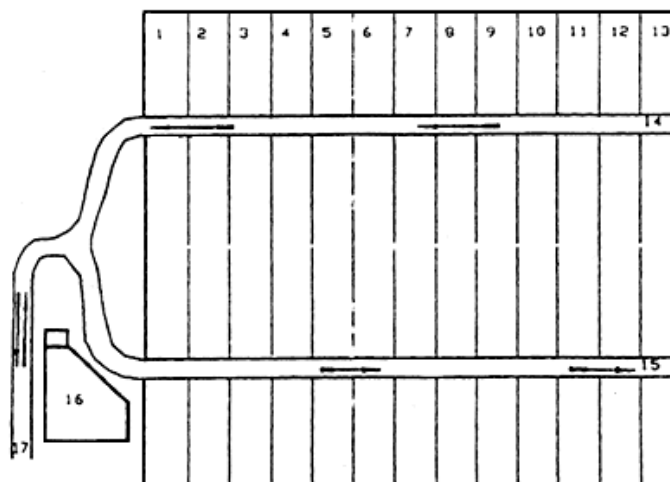


Рисунок 103 – Схема движения транспорта и очередность заполнения рабочих карт при складировании при складировании отходов методом “сталкивания”:
 1-13 — нумерация карт с учетом очередности их заполнения; 14 — временная дорога для выезда разгрузившихся мусоровозов; 15 — временная дорога для прибывающих мусоровозов; 16 — хозяйственная зона; 17 — постоянная подъездная дорога; 1 - площадка разгрузки мусоровозов (в соответствии со сменностью); 2 - мусоровозы; 3 - рабочая карта (или траншея складирования); 4 - площадка разгруженных ТБО; 5 - ТБО; 6 - направление работы бульдозеров по сдвиганию ТБ к рабочей карете (траншее); 7 - направление выезда мусоровозов с площадки после разгрузки.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

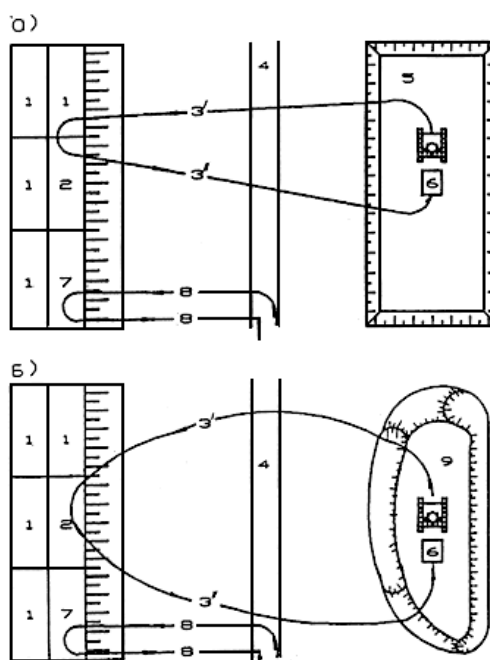


Рисунок 104 – Схема подачи грунта для изоляции ТБО на рабочих картах с помощью скрепера:

а — при разработке котлованов на второй очереди полигона; б — при разработке кавальеров или холмов; 1 — изолированные карты; 2 — изолируемая карта; 3 — трасса скрепера с грунтом; 4 — временная дорога для мусоровозов; 5 — котлован второй очереди полигона; 6 — скрепер; 7 — карта, заполняемая ТБО; 8 — трасса движения мусоровозов; 9 — кавальер или холм грунта.

(Источник - <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367199>).

В зимний период в порядке исключения допускается применять в качестве изолирующего материала снег, подаваемый бульдозерами с ближайших участков. В весенний период отходы покрываются слоем грунта. Укладка следующего яруса ТБО на изолирующий слой из снега недопустима.

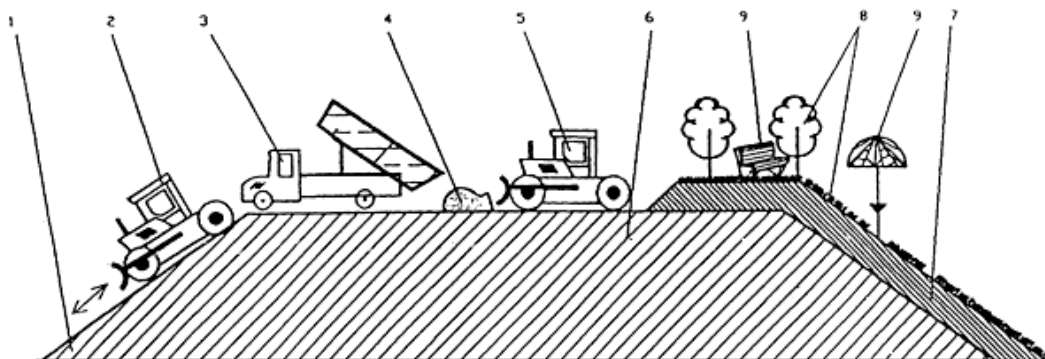


Рисунок 105 – Технологическая схема рекультивации закрытых свалок без переработки свалочного грунта:

1 – выложенный откос свалки; 2, 5 – бульдозер; 3 – автотранспорт; 4 – насыпная почва; 6 – закрытая свалка; 7 – рекультивационный слой закрытой свалки; 8 – биологический этап рекультивации; 9 – рекреационное, сельскохозяйственное, лесохозяйственное направления рекультивации.

(Источник - <https://studfile.net/preview/16726795/page:15/>).

Тема 11 Компостирование.

Компостирование — это экзотермический процесс биологического окисления органического вещества осадка, в котором органический субстрат подвергается аэробной биодegradации смешанной популяцией микроорганизмов. Искусственное компостирование, как правило, происходит в аэробных условиях. Наиболее широко компостирование применяется для переработки отходов органического - прежде всего - растительного - происхождения, таких как листья, ветки и скошенная трава.

Существуют технологии компостирования пищевых отходов, а также неразделенного потока ТБО.

Компостирование с помощью компостных ям часто применяется населением в индивидуальных домах или на садовых участках. В то же время процесс компостирования может быть централизован и проводиться на специальных площадках. Существует несколько технологий компостирования, различающихся по стоимости и сложности. Более простые и дешевые технологии требуют больше места и процесс компостирования занимает больше времени.

Различные технологии компостирования:

- Минимальная технология. Компостные кучи - 4 метра в высоту и 6 метров в ширину. Переворачиваются раз в год. Процесс компостирования занимает от одного до трех лет в зависимости от климата. Необходима относительно большая санитарная зона.

- Технология низкого уровня. Компостные кучи - 2 метра в высоту и 3-4 в ширину. В первый раз кучи переворачиваются через месяц. Следующее

переворачивание и формирование новой кучи - через 10-11 месяцев. Компостирование занимает 16-18 месяцев.

- Технология среднего уровня. Кучи переворачиваются ежедневно. Компост готов через 4-6 месяцев. Капитальные и текущие затраты выше.

- Технология высокого уровня. Требуется специальная аэрация комPOSTНЫХ куч. Компост готов уже через 2-10 недель.

Конечным продуктом компостирования является компост, который может найти различные применения в городском и сельском хозяйстве.

Возможные рынки сбыта компоста: садовые участки; предприятия; питомники; теплицы; кладбища; предприятия сельского хозяйства; ландшафтное строительство; общественные парки; придорожные полосы; рекультивация земель; покрытие свалок; рекультивация горных разработок; рекультивация городских пустырей.

Компостирование, применяемое на механизированных мусороперерабатывающих заводах, представляет из себя процесс сбраживания в биореакторах всего объема ТБО, а не только его органической составляющей. Хотя характеристики конечного продукта могут быть значительно улучшены путем извлечения из отходов металла, пластика и т.д., все же он представляет собой достаточно опасный продукт и находит очень ограниченное применение (на Западе такой «компост» применяют только для покрытия свалок).

Конкретная доза внесения компоста зависит от астрономических требований к возделываемой культуре, но не должна приводить к превышению предельно допустимой концентрации (ПДК) почвы ни по каким показателям согласно утвержденным нормативам.

В процессе биодegradации под действием естественной микрофлоры (мезофильных и термофильных бактерий) окисляется до 60% органического вещества. Конечный продукт компостирования в виде гумифицированного стабилизированного, обеззараженного сыпучего продукта пригоден для дальнейшей утилизации. Компостирование механически обезвоженных или подсушенных на иловых площадках осадков получило широкое применение.

Аэробный процесс позволяет выделять примерно в 25 раз больше тепла, чем анаэробный, что в свою очередь сопровождается существенным ускорением процесса разложения органического вещества осадков.

На продолжительность процесса значительное влияние оказывает усвояемость органических веществ микроорганизмами. Белковые соединения, сахар, крахмал относятся к легко разлагаемым органическим веществам. При их разложении выделяется основное количество энергии. Нагревание компостируемой массы и обеззараживание осадков происходят за счет неполного использования микроорганизмами выделяемой ими энергии для поддержания своей жизнедеятельности. В процессе компостирования система должна терять меньше тепла, чем производить, что достигается увеличением компостируемой массы и изолированием от окружающей среды.

Процесс биотермического разложения органического вещества осадков включает три основные стадии: нарастание температуры, фазу высоких температур (50—75°C) и падение температуры. Сначала происходит развитие мезофильных

микроорганизмов, которые создают благоприятные условия для размножения наиболее теплолюбивых форм микробов, усваивающих стойкие к разложению углеводы. Жизнедеятельность этих микроорганизмов резко сказывается на скорости протекания биохимических реакций. По мере нарастания температуры создаются благоприятные условия для развития термофильных бактерий, в результате жизнедеятельности которых выделяется большое количество тепловой энергии.

Дальнейшее повышение температуры приводит к торможению роста термофильных микроорганизмов. При этом процесс не заканчивается. Процесс разложения органического вещества продолжается во время медленного падения температуры за счет повторного развития мезофильных микроорганизмов и простейших, которые используют в качестве источников углерода и азота клеточное вещество отмерших микроорганизмов, продукты разложения целлюлозы и лигнина.

Для получения из осадков высококачественного компоста биотермический процесс должен протекать интенсивно, без значительной потери органического вещества. При ускоренных методах компостирования осадков потери органического вещества могут не превышать 20—30%. Для этого необходимо осуществлять процесс с эффективным перемешиванием осадка с наполнителем, соответствующей подготовкой наполнителя, гомогенизацией смеси и насыщением ее кислородом воздуха.

Во многих странах обезвоженные осадки сточных вод влажностью 65—80% компостируются совместно с размолотой древесной корой, стружкой, листьями, соломой, древесными опилками, торфом, сухим осадком, частью готового компоста и другими добавками, которые используются в качестве разрыхляющего порообразующего, углеродсодержащего и влагопоглощающего компонента. Количество наполнителей, добавляемых к осадкам при их компостировании, зависит от влажности и содержания органики в наполнителе и в осадке и колеблется от 1 до 4 объемов от объема осадка.

Микробиологические аспекты компостирования.

Компостирование представляет собой динамический микробный процесс, протекающий благодаря активности сообщества микроорганизмов различных групп. Перечень основных групп организмов, участвующих в процессе компостирования, приведен ниже.

Микрофлора.

Бактерии. Множество форм — кокки, палочки, нитчатые. Некоторые формы спорулируют. Размеры — 1—8 мкм.

Лктиномицеты. Образуют тонкий разветвленный мицелий. Растут предпочтительно при повышенной температуре, пониженной влажности. Диаметр гиф — 0,5—2 мкм.

Грибы, дрожжи. Образуют мицелий (дрожжи — псевдомицелий) и спорулируют. Имеется множество видов. Наибольшее значение имеют термофилы. Размеры — 3—50 мкм.

Водоросли. Предпочитают влажные условия. Размеры — 10-100 мкм.

Вирусы. Живут на организмах-хозяевах — бактериях или актиномицетах. Размер — 0,1 мкм.

Микрофауна.

Простейшие. Перемещаются с помощью жгутиков или ресничек. Некоторые питаются бактериями. Размеры — 5—80 мкм.

Макрофлора.

Высшие грибы. Растут на кучах компоста, образуя плодовые тела. Диаметр шляпки плодового тела — около 25 мм.

Макрофауна.

Двупароногие, многоножки. Двупароногие в основном растительноядны. Многоножки — хищники. Длина двупароногих — 20-40 мм, многоножек — 30 мм.

Клещи, ногохвостики. Множество видов. Одни хищные, другие растительноядные. Размеры — 0,1—2 мм.

Черви, а также муравьи, термиты, пауки и жуки. Навозный червь (*Eisenia foetida*) весьма важен для компостирования навоза. Размеры — 30—100 мм.

В процессе компостирования принимает участие множество видов *бактерий* (более 2000) и не менее 50 видов грибов. Эти виды можно подразделить на группы по температурным интервалам, в которых каждая из них активна. Для психрофилов предпочтительна температура ниже 20°C, для мезофилов — от 20 до 40°C, термофилов — свыше 40°C. Микроорганизмы, которые преобладают на последней стадии компостирования, являются, как правило, мезофилами.

Хотя количество бактерий в компосте очень велико (10^8 — 10^9 клеток на грамм влажного компоста), из-за малых размеров (1—8 мкм) они составляют меньше половины общей микробной биомассы. Некоторые виды образуют эндоспоры, которые выдерживают значительную температуру и высушивание. Актиномицеты растут гораздо медленнее, чем бактерии и грибы, и на ранних стадиях компостирования не составляют им конкуренции. Они более заметны на последующих стадиях процесса, когда их становится очень много, и налет белого или серого цвета, типичный для актиномицетов, отчетливо виден на глубине 10 см от поверхности компостируемой массы. Их численность ниже численности бактерий и составляет величину порядка 10^5 — 10^8 клеток на грамм влажного компоста. Грибы играют важную роль в деструкции целлюлозы, и состояние компостируемой массы должно регулироваться таким образом, чтобы оптимизировать активность этих микроорганизмов. Важным фактором является температура, так как грибы погибают, если она поднимается выше 55°C. После понижения температуры они вновь распространяются из более холодных зон по всему объему.

Изучение популяций бактерий, грибов и актиномицетов, участвующих в компостировании, было проведено рядом исследователей. Они обнаружили, что в начале процесса компостирования преобладают аэробные термофильные бактерии, в то время как на последующих стадиях численность бактерий падает и увеличивается популяция актиномицетов.

Описаны изменения в микробной популяции, происходящие за время компостирования смеси, состоящей из твердых городских отходов (60%) и сырого активного ила (40%), в кучах с принудительной аэрацией. Через 50 суток компостирования было обнаружено возрастание количества целлюлолитических грибов и актиномицетов с одновременным снижением численности бактерий.

Среди грибов, выделенных из куч компоста, были как термофильные штаммы (растущие при 50°C), так и мезофильные (растущие при 28°C). Сообщается также о

возрастании количества лигнинолитических грибов, причем высказывается мысль о том, что условия статического процесса способствуют деструкции лигнина, тогда как перемешивание, которое может проводиться для других целей, препятствует росту мицелия в объеме компоста.

Вирусы — это микроорганизмы, значение которых очень велико, так как они вызывают болезни растений, животных и человека. Они представляют собой неклеточные организмы гораздо меньшего размера, чем клетки бактерий и простейших. Вирусные частицы нуждаются для размножения в живом организме-хозяине, причем различные штаммы специфичны к определенному хозяину. Когда зараженный материал подвергается компостированию, количество патогенных вирусов в нем резко снижается благодаря температурно-временным воздействиям.

Простейшие — это одноклеточные организмы. Большинство почвенных простейших питается бактериями, водорослями и другими простейшими. Однако только определенные штаммы бактерий потребляются простейшими, другие для них несъедобны, так же как актиномицеты и дрожжи.

Полагают, что именно простейшие управляют численностью бактериальной популяции. Когда условия среды, такие как влажность и температура, становятся неподходящими для простейших, они могут образовывать цисты и таким образом сопротивляться неблагоприятным условиям в течение длительного времени.

После достижения максимума температуры компост, остывая, становится доступным для широкого ряда почвенных животных. Они потребляют других животных, их экскременты и органические остатки. Обычно для них необходимы хорошая аэрация, соответствующая влажность, предпочтительная температура колеблется в пределах 7—13°C.

Многие почвенные животные вносят большой вклад в переработку компостируемого материала благодаря его физическому дроблению; при разрушении субстрата на более мелкие части увеличивается его удельная поверхность, что в свою очередь усиливает его последующее потребление микрофлорой. Эти животные также способствуют перемешиванию разных компонентов компоста.

В умеренном климате главную роль в заключительных стадиях процесса компостирования и дальнейшего включения органического вещества в почву играют земляные черви, в зоне пустынь и полупустынь эту функцию часто выполняют термиты. Ткани организмов, принадлежащих макрофауне, богаты азотом и легко разрушаются. Из-за сравнительно короткого срока жизни масса этих организмов представляет собой непрерывно пополняемый запас соединений азота.

Биохимический аспект компостирования.

Органические отходы промышленного, сельскохозяйственного, коммунального происхождения представляют собой смесь сахаров, белков, жиров, гемицеллюлозы, целлюлозы, лигнина и неорганических солей в широком интервале концентраций. Ниже показан состав таких отходов, %:

водорастворимые соединения.....	2—30
(сахара, крахмал, аминокислоты, аммонийные соли) соединения, растворимые в эфире и спирте.....	1—15
(жиры, масла, воски) белок.....	5—40
гемицеллюлоза.....	10—30
целлюлоза.....	15—60
лигнин.....	5—30
зола.....	5—25

Состав фракций растительных отходов зависит от возраста растения, его типа и среды произрастания. Свежее зеленое сырье содержит много водорастворимых веществ, белков и солей. При увеличении возраста соли возвращаются в почву, и низкомолекулярные соединения превращаются в более высокомолекулярные, особенно в гемицеллюлозу, целлюлозу и лигнин. Состав отходов животноводства зависит от типа животных и их корма.

Компостирование представляет собой процесс синтетический и деструктивный одновременно. Важную роль в нем играет клеточная стенка микроорганизмов, потребляющая органические вещества в компосте. Простые низкомолекулярные органические соединения, такие как растворимые сахара и органические кислоты, легко проникают через клеточную стенку и метаболизируются. При этом клетка либо получает энергию, либо использует эти соединения для синтеза биополимеров. Высокомолекулярные соединения в отходах не могут преодолеть клеточную стенку и могут быть утилизированы только после разложения до более простых соединений. Этот процесс осуществляется некоторыми микроорганизмами, экскретирующими внеклеточные ферменты, которые гидролизуют полимеры. Фактически все микроорганизмы, присутствующие в компосте, могут усваивать образующиеся при этом фрагменты, но только определенные микроорганизмы могут осуществлять этот гидролиз.

Лигнин наиболее устойчив к действию ферментов. Разрушить его способна только небольшая группа высших грибов. Биодеградация лигнина увеличивается в статической системе, поскольку в ней мицелий не повреждается в отличие от системы с перемешиванием.

Изменение температуры при компостировании.

Когда органические отходы складывают для компостирования, благодаря изолирующему влиянию субстрата сохраняется теплота, образующаяся вследствие биологической активности, и температура повышается. Процесс компостирования удобно разделить на четыре стадии: мезофильную (I), термофильную (II), остывание (III), созревание (IV) (рисунок 106).

В начале процесса отходы находятся при температуре окружающей среды, рН в них слабокислое. В начальной мезофильной стадии микроорганизмы, присутствующие в отходах, начинают быстро размножаться, температура поднимается до 40°C, и среда подкисляется за счет образования органических кислот. При температуре выше 40°C начинают гибнуть исходные мезофилы и преобладать термофилы. Это поднимает температуру до 60°C, при которой грибы начинают становиться неактивными. После 60°C в основном работают спорообразующие бактерии и

актиномицеты, рН среды становится щелочной за счет выделения аммиака при распаде белков.



Рисунок 106 – Стадии компостирования.

(Источник - https://studref.com/466950/ekologiya/izmenenie_temperatury_kompostirovaniy).

В течение термофильной фазы наиболее легко разлагаемые субстраты, такие как сахара, крахмал, жиры, белки, быстро потребляются, и скорость реакции начинает падать после того, как в нее вовлекаются более устойчивые субстраты. При этом скорость тепловыделения становится равной скорости теплопотери, это соответствует достижению температурного максимума. Затем компост вступает в стадию остывания. В некоторых случаях, особенно часто при компостировании старых отходов, имеет место несколько температурных максимумов.

Можно сказать, что в этой точке перемешиваемая куча компоста достигла стабильного состояния. Легко усваиваемые соединения уже распались, основная потребность в кислороде удовлетворена, компостируемый материал перестает привлекать мух и паразитов и дурно пахнуть, так как легко доступные азот и сера связаны новыми микроорганизмами.

В течение стадии остывания, которая следует за температурным максимумом, рН медленно падает, но среда остается щелочной.

Термофильные грибы из более холодных зон вновь захватывают весь объем и вместе с актиномицетами потребляют полисахариды, гемицеллюлозу и целлюлозу, разрушая их до моносахаридов, которые потом могут быть утилизированы широким кругом микроорганизмов. Скорость тепловыделения становится очень низкой, и температура падает до температуры окружающей среды.

Первые три стадии компостирования (мезофильная, термофильная, остывания) протекают очень быстро — за дни или недели — в зависимости от типа используемой системы компостирования. Заключительная стадия — созревание, в течение которой потери массы и тепловыделение малы; она длится несколько месяцев. В этой стадии происходят сложные реакции между остатками лигнина из отходов и

белками погибших микроорганизмов, приводящие к образованию гуминовых кислот. Компост не разогревается, в нем не происходят анаэробные процессы при хранении, он не отнимает азота у почвы при его внесении. Конечное рН компоста — слабощелочное.

Высокая температура часто считается необходимым условием успешного компостирования. На самом деле при слишком высокой температуре процесс биодegradации подавляется из-за ингибирования роста микроорганизмов, очень немногие их виды сохраняют активность при температуре свыше 70°C. Порогом, после которого наступает подавление, служит температура около 60°C, поэтому высокие температуры в течение длительного периода должны быть исключены при быстром компостировании. Однако температура порядка 60°C полезна для борьбы с термочувствительными патогенными микроорганизмами. Значит, необходимо поддерживать условия, при которых, с одной стороны, будет гибнуть патогенная микрофлора, а с другой — развиваться микроорганизмы, ответственные за деградацию биополимеров. Для этой цели рекомендуемым оптимумом является температура 55°C. Управление температурой может быть достигнуто с помощью принудительной вентиляции. Отвод тепла осуществляется с помощью системы испарительного охлаждения. Система работает по типу обратной связи, причем термодатчики, размещенные в массе компоста, связаны с воздухоудувками. Такая система также способствует удалению влаги в случае ее повышенного содержания.

Технологические параметры процесса компостирования.

Разложение органических отходов в процессе компостирования представляет собой сложный процесс, в котором постоянно происходят изменения температуры и состава питательных веществ.

В течение процесса заметно меняются численность и видовой состав микроорганизмов. Скорость получения конечного продукта зависит от нескольких взаимосвязанных параметров: источников питания, дисперсности частиц, влажности, прочности структуры, аэрации, перемешивания, рН и размера кучи.

Разделение.

Желательно, чтобы сырье для компостирования содержало максимум органического материала и минимум неорганических остатков. Это особенно важно при переработке ряда отходов, например, городского хозяйства, которые содержат существенные количества меди, свинца, никеля и цинка. Поэтому при работе с такими отходами желательно удалять стекло, металл, пластмассу и другие осколки в той степени, в какой это экономически возможно. При маленьких объемах компостирования такое разделение может проводиться вручную. При больших объемах для этих целей применяются различные механизмы. Если для компостирования используется сырой активный ил, он должен быть в основном получен при переработке коммунальных, а не промышленных стоков — во избежание загрязнения тяжелыми металлами.

Дисперсность частиц.

Чем меньше размер частиц органических отходов, тем больше удельная поверхность, открытая для микроорганизмов, что теоретически должно обеспечивать большую скорость процесса. Однако очень маленькие частицы упаковываются очень тесно, образуя материал с высокой плотностью и узкими порами, что

ограничивает диффузию кислорода в объем и диффузию диоксида углерода из объема, что снижает скорость процесса. Повышение плотности может вызывать повышенную нагрузку на перемешивающее оборудование, особенно при высокой влажности субстрата.

Таким образом, необходим оптимум в размере частиц. Для механизированных установок с перемешиванием и принудительной аэрацией частицы могут иметь размер после измельчения 12,5 мм. Для неподвижных куч с естественной аэрацией наилучшим является размер частиц порядка 50 мм. При крупномасштабной переработке измельчение может достигаться с помощью дробильного оборудования.

Питательные вещества.

Процесс компостирования зависит от активности микроорганизмов, которые нуждаются в источнике углерода для получения энергии и вещества для образования новых клеток, а также в источнике азота для синтеза клеточных белков. В меньшей степени микроорганизмы нуждаются в фосфоре, калии, кальции, натрии, магнии, сере, железе и следовых количествах других элементов, например кобальта и цинка. В большинстве процессов компостирования эти потребности удовлетворяются за счет исходного состава органических отходов, только отношение углерода к азоту (C:N) и изредка уровень фосфора могут нуждаться в корректировке.

Химический анализ микроорганизмов показывает, что в сухом веществе (СВ) в среднем содержание углерода составляет 50%, азота — 5% и фосфора — 0,25—1,0%. Так как приблизительно 50% углерода в компостируемом материале превращается в диоксид, оптимальное начальное отношение C:N будет равно 25:1, если только азот не будет теряться в ходе процесса. Более высокое значение этого отношения приводит к окислению избыточного углерода, микроорганизмы после многих жизненных циклов достигают конечного значения этого отношения 10:1. Если C:N < 25:1 (обычно в сыром активном иле и навозе), азот удаляется в виде аммиака, часто в больших количествах. Потеря азота из-за улетучивания аммиака может быть частично восполнена за счет активности бактерий-азотфиксаторов, появляющихся в основном при мезофильных условиях на поздних стадиях биodeградации. Показано, что биологическая фиксация азота ингибируется аммиаком и высокими температурами, поэтому она происходит на поздних стадиях процесса. Неопределенность потерь азота делает сложным точное определение требуемого начального значения C:N, но на практике оно рекомендуется в пределах от 25:1 до 30:1. При низких значениях C:N потеря азота в форме аммиака может быть частично подавлена добавлением избыточных фосфатов, таких как суперфосфат или основной шлак, но этот способ может оказаться непрактичным из-за удорожания процесса.

Добавки.

Для увеличения скорости компостирования применяются различные химические, растительные и бактериальные добавки. Возможна потребность в дополнительном азоте, хотя большинство отходов содержит все необходимые питательные вещества и широкий спектр микроорганизмов, что делает их доступными для компостирования. Очевидно, что начало термофильной стадии можно ускорить возвращением некоторого количества готового компоста в систему.

Носители обычно необходимы для поддержания структуры, обеспечивающей аэрацию, при компостировании таких отходов, как сырой активный ил и навоз. При

компостировании сырого активного ила в аэрируемых кучах в качестве носителя предпочтительна древесная щепа.

Некоторые исследователи предлагают в качестве носителей использовать измельченные солому, отходы переработки овощей и др.

Влажность.

Для процесса компостирования необходима вода, так как питательные вещества, нужные микроорганизмам, должны растворяться в воде перед тем, как станут доступны для потребления. При влажности менее 30% от общей массы скорость биологических процессов резко падает, а при влажности 20% они могут вовсе прекратиться. При слишком большой влажности пустоты в структуре компоста заполняются водой, которая ограничивает доступ кислорода к микроорганизмам. Некоторые материалы, например бумага, при намокании быстро теряют структурную устойчивость, слипаются в однородную массу. Однако материалы типа соломы устойчивы к высокой влажности. Таким образом, оптимальная влажность варьирует в зависимости от природы и размера частиц. Рекомендуемая оптимальная влажность — 50—60%, но при использовании носителей возможны и большие значения.

Вода образуется в ходе компостирования за счет жизнедеятельности микроорганизмов и теряется из-за испарения. В случае применения принудительной аэрации потери воды могут быть значительными, и возникает необходимость в дополнительном внесении воды в компост. Это может быть достигнуто добавлением сырого активного ила или других жидких отходов. Проблем с потерей воды, естественно, больше в жарком климате. Для того чтобы обеспечить проникновение воздуха в пустоты в структуре компоста, необходимо понять взаимосвязь между влажностью, размером частиц и аэрацией.

Свободный объем.

Компостируемую массу упрощенно можно рассматривать как трехфазную систему, в которую входят твердая, жидкая и газовая фазы. Структура компоста представляет собой сеть твердых частиц, в которую заключены пустоты различного размера. Пустоты между частицами заполнены газом (кислородом, азотом, диоксидом углерода), водой или газожидкостной смесью. Если пустоты целиком заполнены водой, то это сильно затрудняет перенос кислорода. Было бы слишком большим упрощением допустить, что в свободном пространстве существуют дискретный объем воды и дискретный объем газа; тем не менее такой подход традиционен для почвоведения и может использоваться для определения порозности и свободного газового пространства в компосте. Порозность компоста определяют как отношение свободного объема к общему объему, а свободное газовое пространство — как отношение газового объема к общему объему.

Оптимальная влажность компостируемой массы варьирует в зависимости от природы и дисперсности материала. Различные материалы могут иметь разную влажность до тех пор, пока поддерживается соответствующий объем свободного газового пространства.

Однако в экспериментальных работах Джериса и Ригана по влиянию влажности в различных компостируемых материалах на свободное газовое пространство и

на скорость потребления кислорода показано, что минимальное свободное газовое пространство должно быть порядка 30%.

Аэрация.

Кислород необходим для метаболизма аэробных микроорганизмов, участвующих в компостировании. Аэрация может осуществляться естественной диффузией в компостируемую массу благодаря перемешиванию компоста вручную, с помощью механизмов или принудительной аэрации. Естественной диффузии часто оказывается недостаточно для адекватной аэрации на ранних стадиях процесса, что ведет к анаэробнозису в центральных зонах компостируемой массы.

Аэрация имеет и другие функции в процессе компостирования. Поток воздуха удаляет диоксид углерода и воду, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, а также отводит теплоту благодаря испарительному теплопереносу. Последнее особенно важно в быстрых, механизированных системах компостирования. Потребность в кислороде меняется в течение процесса: она низка в мезофильной стадии, возрастает до максимума в термофильной стадии и падает до нуля за время остывания и созревания.

Стехиометрически потребность в кислороде может быть определена, если известны химический состав органического субстрата и степень его биodeградации в процессе компостирования. Например, окисление белкового материала может быть представлено следующим уравнением:



Исходя из этого уравнения, 1,5 г кислорода необходимо для окисления 1 г окисляемого материала. Эта теоретическая потребность в кислороде будет колебаться от 1 г кислорода на грамм органического вещества для высокоокисленных отходов, таких как целлюлоза, и до 4 г кислорода на грамм субстрата для насыщенных углеводородов. На практике компостируемая масса представляет собой смесь различных субстратов с разной теоретической потребностью в кислороде и разной способностью к биodeградации, так что, как правило, может быть окислено только 40% органического вещества. Кроме того, на практике требуется больше кислорода, чем это следует из стехиометрии, для того чтобы обеспечить аэробные условия во всем объеме. Может также возникнуть управляемая потребность в аэрации для удаления воды и диоксида углерода в некоторых процессах компостирования.

Вили и Пирс рекомендуют скорость аэрации 6—19 мг O₂/ч на грамм летучей фракции в твердом веществе компоста. Альтернативная рекомендация заключается в том, чтобы поддерживать концентрацию кислорода в газовой фазе в компосте на уровне 10—18%. Измерение концентрации кислорода в массе компоста затруднительно, и на практике реальнее использовать не прямые параметры для определения того, что аэробные условия продолжают поддерживаться.

Перемешивание.

При естественной аэрации центральные участки компостируемой массы могут оказаться в условиях анаэробнозиса, поскольку скорость диффузии кислорода слишком низка для протекающих метаболических процессов. В таких случаях перемешивание вручную или механическое позволяет воздуху проникать в эти участки. Перемешивание способствует также диспергированию крупных фрагментов сырья,

что увеличивает удельную поверхность, необходимую для биodeградации. Управление процессом перемешивания обеспечивает переработку большей части сырья в термофильных условиях. Чрезмерное перемешивание приводит к охлаждению и высуханию компостируемой массы, к разрывам в мицелии актиномицетов и грибов. Перемешивание компоста в кучах может быть слишком дорогим с точки зрения использования машин и затрат труда, поэтому частота перемешивания представляет собой компромисс между экономичностью и потребностями процесса.

Грей с сотрудниками рекомендуют при использовании установок для компостирования чередовать периоды активного перемешивания с периодами без перемешивания.

Тепловыделение и размеры кучи.

Различные органические соединения, присутствующие в компостируемой массе, имеют различную теплоту сгорания. Три наиболее распространенных субстрата: белки, углеводы и липиды. Они имеют теплоту сгорания в пределах 9—40 кДж/г. Липиды содержат, как правило, вдвое больше энергии на грамм, чем белки и углеводы. Эта энергия выделяется в процессе компостирования при биологическом окислении. Если известен состав перерабатываемых отходов, то стехиометрическая ХПК может быть определена из уравнения химической реакции. Например, если компостируемая масса содержит в основном белки, то согласно уравнению (5.5) ХПК составит 1,5 г/г органического субстрата. Можно оценить также тепловыделение на грамм субстрата, так как большинство органических соединений имеют теплоту сгорания примерно 14,2 кДж/г ХПК. Общее тепловыделение будет зависеть от количества реагирующего материала.

Бывает сложно оценить теплоту реакции компостирования из-за гетерогенного состава компостируемой массы. Однако если есть сведения об основных компонентах, то с помощью вычисления ХПК можно оценить уровень тепловыделения.

Количество выделяющейся при компостировании теплоты весьма значительно, так что при компостировании больших масс могут достигаться температуры порядка 80—90°C. Эти температуры намного превосходят оптимальную, равную 55°C, и в таких случаях может понадобиться испарительное охлаждение с помощью принудительной аэрации.

При компостировании материала в буртах в условиях естественной аэрации они не должны быть больше 1,5 м в высоту и 2,5 м в ширину, в противном случае диффузия кислорода к центру кучи будет затруднена. При этом бурт может быть вытянут в компостный ряд любой длины.

Простые системы: кучи и бурты.

При использовании простых систем подготовленный материал складывают в длинные кучи, называемые компостными рядами (буртами), либо вручную, либо с помощью самосвалов, погрузчиков и другой техники (рисунок 107).

Эти кучи имеют в сечении приблизительно треугольную форму, их высота и ширина могут быть различными, но рекомендуется, чтобы при естественной аэрации высота не превышала 1,5 м, а ширина — 2,5 м. Компостные ряды могут быть любой длины и часто их располагают применительно к рельефу местности. Желательно, чтобы площадка, на которой располагают компостные ряды, была забетонирована, чтобы она не разрушалась при движении транспортных средств, однако

такое бетонирование может оказаться слишком дорогим. Компостные ряды могут в течение нескольких месяцев не требовать никакого вмешательства.

Длится это до тех пор, пока в них не начнет падать температура, также материал в них время от времени переворачивают. Переворачивание материала в кучах осуществляется для его аэрации, уменьшения размера частиц и для того, чтобы весь материал подвергся действию высоких температур в термофильной стадии. Последнее достигается перемещением наружных частей кучи в ее середину при переворачивании.

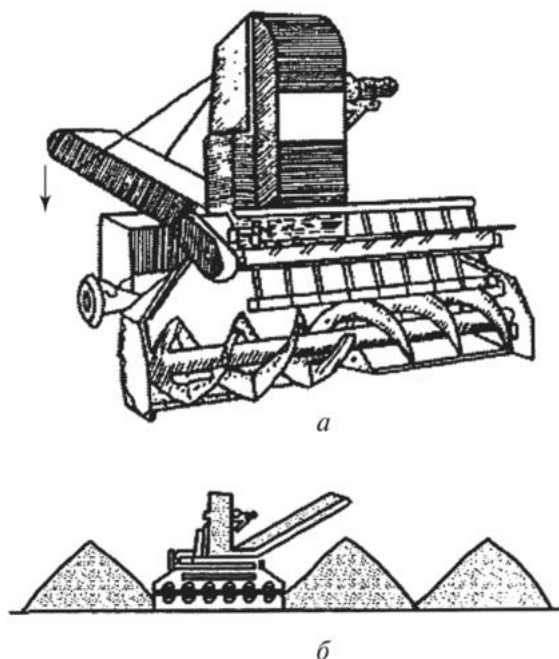


Рисунок 107 – Общий вид машины:
(а) и процесс формирования гряд (б).

(Источник - https://studref.com/466959/ekologiya/prostye_sistemy_kuchi_burty).

Переворачивание кучи можно производить несколькими способами и с разной эффективностью. Для очень небольших объемов его выполняют вручную, но чаще применяются машины типа землечерпалок.

В системах больших размеров могут использоваться специально спроектированные подвижные приспособления, которые переворачивают кучу, аэрируют ее и, если нужно, увлажняют.

Переворачивание занимает много времени, поэтому в ряде простых систем с помощью бамбуковых палок создают каналы, которые улучшают естественную аэрацию бурта (рисунок 108).

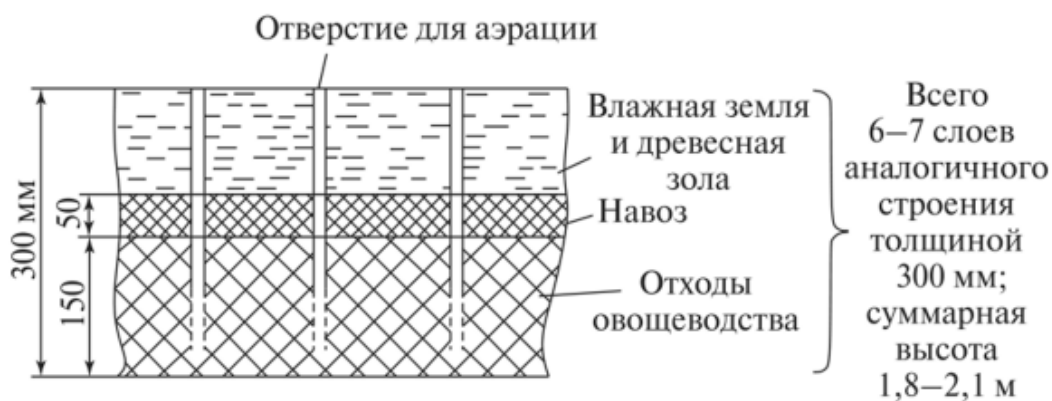


Рисунок 108 – Схема компостной гряды.
(Источник - https://studref.com/466959/ekologiya/prostye_sistemy_kuchi_burty).

Описано несколько простых систем компостирования в кучах различных органических отходов. В некоторых странах Европы и в США для приготовления компостных смесей на фермах используются погрузчики, оснащенные вилами, и в некоторых случаях — плоскодонные разбрасыватели для навоза. Органические отходы, обычно с животноводческих ферм, загружаются в разбрасыватель для навоза, в котором они дробятся, аэрируются, а затем сваливаются в виде кучи высотой около 1,25 м. Машина постепенно перемещается с тем, чтобы образовывалась длинная куча. Затем в куче с помощью специального шеста диаметром 75 мм на расстоянии - 1 м друг от друга проделывают вертикальные дырки до земли. Если это возможно, желательно в навоз добавлять некоторое количество сырой овощной ботвы. В таких кучах в течение недели может быть достигнута температура 70°C, которая через месяц, когда их подвергают переворачиванию с помощью погрузчика, снижается до 30°C. Через 2—3 месяца компост готов к употреблению. Фермеры в европейских странах используют также технологию «движущихся» компостных рядов. С помощью разбрасывателя с ленточным транспортером образуется ряд небольшой высоты. Через 3—4 суток, по достижении максимальной скорости потребления кислорода, добавляют новую порцию материала, пока не будет достигнута высота около - 2 м. При этом куча не нуждается в периодическом переворачивании.

В литературе приводятся также другие примеры простых систем компостирования в кучах.

Компостные ряды с принудительной аэрацией.

Чтобы увеличить скорость биодegradации и исключить необходимость в переворачивании материала, осуществляется принудительная аэрация компостных рядов с помощью специальных воздухопроводных каналов или труб, проложенных под компостируемым материалом (рисунок 109).

Аэрация буртов может осуществляться либо за счет отсасывания воздуха из этих каналов, либо за счет вдувания воздуха в них. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

Несколько различных процессов с применением принудительной аэрации компостных рядов было разработано в США для компостирования обезвоженного активного ила с древесной щепой в качестве наполнителя. В процессе Белтсвилла

используется ил влажностью 78% с добавлением щепы в объемном отношении 1:2. Смесь укладывается на перфорированные трубы, прикрытые слоем готового компоста, воздух подается через эти трубы. Диаметр труб — 100-200 мм с размерами отверстий 8—10 мм. Процесс компостирования идет в бурте в течение четырех недель, затем его перемещают, и до окончания процесса он лежит еще четыре недели. Щепу затем удаляют просеиванием. Для эффективного просеивания необходимо, чтобы влажность компоста снизилась до 40% (рисунок 110).

Для предотвращения распространения запаха, теплопотерь и предупреждения распространения мух штабель закрывается 30-сантиметровым слоем просеянного компоста. Отсос воздуха производится периодически, вследствие чего снижается возможность охлаждения штабеля отсасываемым воздухом. Для отделения капель влаги воздух отсасывается через каплеотделитель. Поток отсасываемого воздуха перед сбрасыванием в атмосферу проходит слой просеянного компоста, где газы, обладающие запахом, дезодорируются. Данный метод используется в городах Кэмпден (штат Нью-Джерси), Виндзор (штат Онтарио), Мерримек (штат Нью-Гемпшир), Страттфорд (штат Коннектикут) и др.

Де Бертольди с сотрудниками проводили компостирование смеси сырого активного ила с органической фракцией твердых городских отходов в трех кучах по 2 т каждая. Они были идентичны во всем, за исключением используемых в них систем аэрации. Отношение твердых отходов к илу составляло 60:40 (по массе).

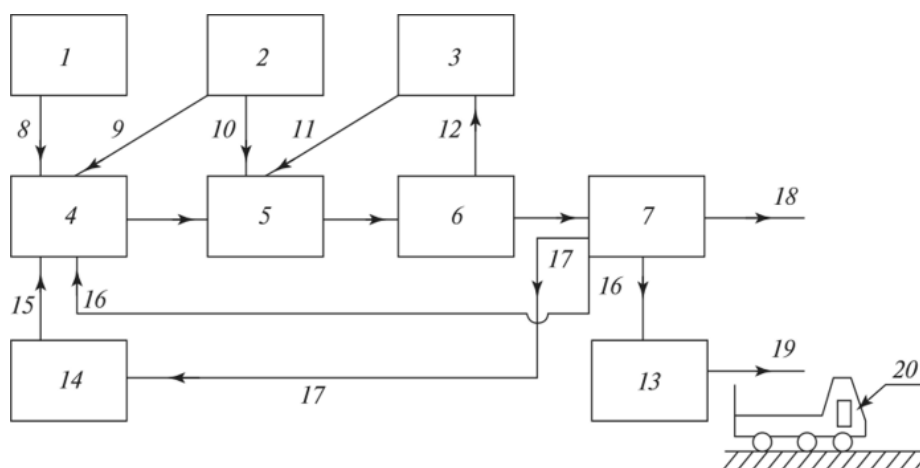


Рисунок 109 – Технологическая схема компостирования осадков в аэрируемых штабелях или биореакторах:

7 — обезвоженный осадок; 2 — наполнитель; 3 — компост для покрытия штабеля и рециркуляции; 4 — смеситель обезвоженного осадка, свежего и рециркулируемого наполнителя и рециркулируемого компоста; 5 — штабель или биореактор; 6 — склад дозревания компоста; 7 — просеивание компоста; 8-12 — питатели-погрузчики (8 — осадка; 9 — наполнителя; 10 — наполнителя для подстилающего слоя штабеля; 11, 12 — компоста для покрытия штабеля); 13 — склад хранения готового компоста; 14 — рециркулируемый наполнитель; 15, 16 — питатели рециркулируемых наполнителя и просеянного компоста; 17 — наполнитель, оставшийся после просеивания компоста, на рециркуляцию; 18 — неиспользуемые отходы от просеивания компоста; 19 — подача готового компоста на погрузку; 20 — траки для транспортировки готового компоста потребителям.

(Источник - https://studref.com/466960/ekologiya/kompostnye_ryady_prinuditelnoy_aeratsiyey).

Исходная влажность — 67%. Первую кучу переворачивали дважды в неделю. Аэрация второй кучи осуществлялась с помощью вакуумной системы, которая каждые 13 мин всасывала воздух на протяжении 40 с. Третья куча аэрировалась воздуходувкой с обратной связью по температуре. Воздуходувка работала по 40 с каждые 13 мин при температуре ниже 55°C и непрерывно при температуре выше 55°C. Наибольшая скорость компостирования была достигнута в третьем случае, при этом образовывался продукт лучшего качества, с более низкой влажностью и лучше гумифицированный и стабилизированный.

При искусственной аэрации штабели формируются высотой до 4—5 м. Форма штабеля трапециевидная с шириной в основании до 30 м. Расход воздуха составляет 10—25 м³/ч на 1 т органического вещества смеси. Воздух отсасывается вентилятором и для дезодорации пропускается через биофильтр.

Для создания пористой структуры осадка требуемой влажности и оптимального соотношения углерода и азота в пределах 20—30 : 1 компостирование осуществляют в смеси с древесными стружками, опилками или молотой корой. Древесная щепа или кора, обезвоженный осадок и рециркулируемый компост укладываются на бетонный пол внутри помещения, затем смешиваются перемешивающей машиной и формируются в штабели. В процессе компостирования часть древесной щепы разлагается, часть возвращается в процесс после просеивания и часть остается в готовом компосте. Обычно процесс созревания компоста продолжается 21 суток. Через 28 суток с площадки удаляется готовый компост и на его место закладывается новый штабель.

В процессе компостирования автоматически регулируется расход воздуха в зависимости от температуры в штабеле, количества окиси углерода и кислорода в удаляемом воздухе.

Удаляемая часть компоста просеивается и направляется на дозревание и складирование. Складирование может осуществляться на открытом складе. Остаток от просеивания используется в качестве рециркулирующей добавки к вновь компостируемой порции осадка. Как правило, при компостировании применяется рециркуляция механически выделенного наполнителя — стружки, щепы или коры, которые при биотермической обработке разлагаются медленно.

При этом расход свежего наполнителя составляет примерно 1/3 от количества повторно используемого просеянного наполнителя. Просеянный готовый компост имеет влажность в пределах 40—50%, он содержит соединения азота, фосфора и калия.

Его применение в качестве удобрения или рекультиванта почв регламентируется содержанием предельно допустимых концентраций солей тяжелых металлов.

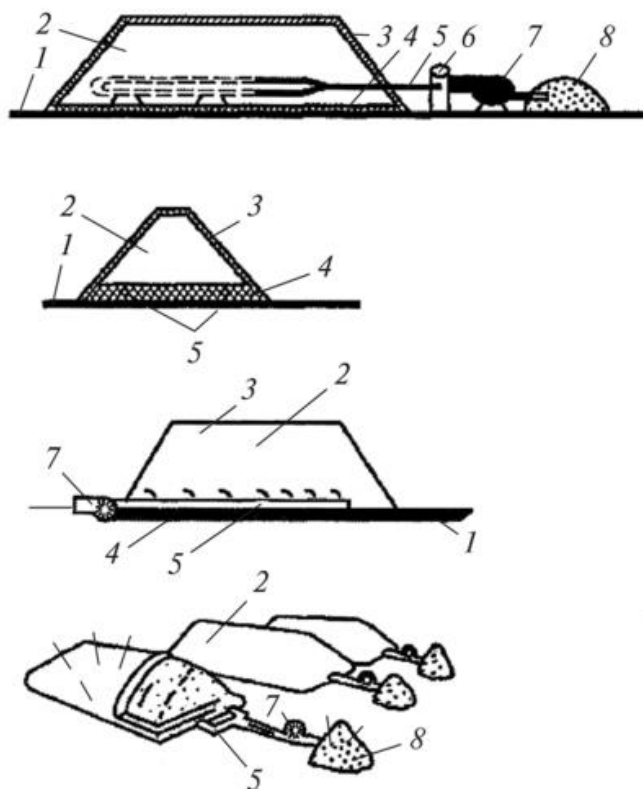


Рисунок 110 – Компостирование в аэрируемом штабеле:

7 — асфальтированная площадка; 2 — штабель; 3 — слой компоста; 4 — древесная щепка; 5 — перфорированные трубы; 6 — каплеотделитель; 7 — отсосный вентилятор или компрессор; 8 — просеянный компост-фильтр.

(Источник - https://studref.com/466960/ekologiya/kompostnye_ryady_prinuditelnoy_aeratsiyey).

Если содержание солей тяжелых металлов в компосте не превышает нормативов, то компостирование может осуществляться даже по отношению к осадкам, полученным от совместной очистки городских и промышленных сточных вод.

В Японии фирмой «Санки Инжиниринг» разработана технология компостирования осадков сточных вод в смеси с компостом. Компостируемая масса влажностью 50—60% укладывается в штабеля высотой 1—1,5 м и аэрируется теплым воздухом. Для обеспечения нормальной ферментации количество подаваемого воздуха составляет 200 л/мин на 1 т компостируемой массы. В течение 2 суток температура массы повышается до 70—80°C, при этом разлагаются жиры, белки и углеводы и снижается рН.

Продолжительность данной стадии — около 10 суток. Затем температура постепенно падает до 40°C, разлагаются гемицеллюлоза, лигнин и часть целлюлозы, и рН поднимается до 7. Продолжительность этой стадии — около 20 суток.

В результате разложения выделяются CO_2 , H_2O и NO_3 и образуется гумус.

Показателем степени разложения органического вещества и скорости протекания биотермического процесса может служить интенсивность процесса нитрификации.

Исследования компостирования сырой смеси осадка первичных отстойников и уплотненного активного ила позволили установить следующее:

- наполнители, используемые при компостировании осадков, такие как древесные отходы, лигнин, не должны содержать дубильных веществ, ингибирующих рост компостной микрофлоры;

- использование в качестве наполнителей свежих отходов лесопромышленного комплекса может замедлять биохимические процессы;

- предельно допустимое содержание дубильных веществ в древесных отходах не должно превышать 2—4% от массы сухого вещества;

- смешивание обезвоженного осадка с наполнителем при помощи бульдозера не дает хорошего смешения, наиболее эффективным является использование плужковых смесителей;

- при хранении древесных отходов повышается их температура, снижается объемная масса, увеличивается активная поверхность капилляров, повышается влагопоглощение, разлагаются дубильные вещества.

Характеристика наполнителей, используемых для компостирования осадков на очистных сооружениях, приведена в таблице 7.

Таблица 7 - Характеристика наполнителей, используемых для компостирования осадков.

Тип наполнителя	Размеры фракции, мм	Плотность, т/м ³	Пористость, %	% адсорбирования влаги	Суммарная удельная поверхность, см ² /г
Щепа	10-50	0,11-0,22	86-92	116-123	31-96
Стружка (щепа)	10-50	0,10-0,19	88-93	118-123	47-140
Опилки	2,5-5	0,06-0,09	95-96	125-126	160-220
Кора	5-100	0,08-0,16	91-95	120-125	63-170

Для проведения опытов было сформировано 10 аэрируемых штабелей, каждый из которых состоял из основания высотой 0,4 м, сложенного из наполнителя, смеси обезвоженного осадка с наполнителем высотой 1,6 м и покрытия рециркулируемым компостом высотой 0,2 м. Общая высота штабелей составляла 2,2 м, ширина — 3—4 м. В основание закладывались перфорированные трубы для подачи воздуха. Смешивание обезвоженного осадка с наполнителем осуществлялось плужковым смесителем. Количество подаваемого воздуходувкой воздуха составляло 10—25 м³/ч на тонну органического вещества. Аэрация начиналась на 8-е—10-е сутки от начала процесса и продолжалась в течение 35 суток через каждые три дня по 8 ч в день.

Наиболее интенсивно компостирование протекало в штабелях с объемным соотношением осадка и опилок, осадка и коры 1:1,5 — 1:2,5, где имели место наиболее высокие значения температур, высокая скорость их нарастания, максимальные значения снижения влажности и объемной массы, распада беззольного вещества, высокие показатели санитарного состояния компоста. Этому способствовало высокое отношение углерода к азоту (18:1 — 35:1) в исходных смесях.

Показателем продолжительности аэрации являлось содержание углекислого газа в отходящих газах. При концентрации CO_2 более 7% температура в штабелях снижалась, тогда подача воздуха повышалась.

Наиболее интенсивно как в летнее, так и в зимнее время процесс проходил в штабелях с использованием в качестве наполнителя опилок при соотношении «обезвоженный осадок:опилки» 1:2 по объему.

Снижение влажности, распад беззольного вещества, изменение общего и аммонийного азота наиболее выражено протекали на стадии высоких температур (первые 30—40 суток компостирования). Образование аммиака в этот период и его улетучивание при продувке приводили к потере общего азота. Часть аммиака переходила в гидроксид аммония, за счет которого происходило повышение рН компостов. На заключительной стадии компостирования рН опять снижался из-за нитрификации, а потери азота были незначительными. Значение рН в штабелях «осадок—кора» ниже, чем в штабелях «осадок—опилки», так как кора имеет кислую реакцию. В готовом компосте содержание фосфора и калия выше, чем в исходной компостной смеси, за счет распада беззольного вещества. Образование нитратов протекало в течение всего времени компостирования, но наиболее интенсивно на заключительной стадии.

В таблице 8 приведена характеристика готового компоста. Компост отвечает требованиям санитарно-гигиенических показателей. Он является сыпучим материалом, удобным для внесения в почву в качестве удобрения для лесопарковых насаждений и зеленого городского хозяйства.

Таблица 8 - Характеристика компоста.

Показатель	Содержание
Влажность, %	49-55
рН	5,4-7,1
Содержание органического вещества, %	65-75
N_2 , %	1,5-2,0
P_2O_5 , %	1,5-2,4
K_2O , %	0,2-1,0
Содержание тяжелых металлов, мг/кг сухого вещества:	
хром	96-220
никель	95-114
цинк	339-1240
свинец	17-37
кадмий	8-16
ртуть	Следы
мышьяк	Следы
Фракционный состав, %:	
более 30 мм	6
3—30 мм	48
менее 3 мм	46
Яйца гельминтов и мух	Отсутствуют

Способ совместного компостирования отходов городского хозяйства.

Согласно данному способу, упрощается процесс утилизации отходов деревообрабатывающих производств и осадков сточных вод на различных стадиях переработки сточных вод на очистных станциях, повышается качество готового продукта за счет получения компостов различного химического и микробиологического состава и появляется возможность его изменения в течение всего процесса компостирования.

При этом варианте компостирования отходов осуществляется смешивание измельченных древесных отходов и осадков сточных вод и их выдерживание для дозревания.

В качестве древесных отходов используют древесную щепу размером не более 10—30 мм, которую смешивают со сброженной в метантенках смесью осадков сточных вод и избыточного активного ила очистных сооружений в количестве 20—40 мае. % по сухому веществу влажностью 60—80%.

В процессе смешивания компост периодически насыщают добавкой в количестве 5—20 мае. % по сухому веществу, выбранной из группы: сырые осадки сточных вод влажностью 80—90%, избыточный активный ил очистных сооружений по сухому веществу влажностью 90—99%, смесь сырых осадков сточных вод и избыточного активного ила очистных сооружений влажностью 85—95%.

При использовании второго варианта, включающего смешивание вышеприведенных ингредиентов, добавляют твердые бытовые отходы. В качестве твердых бытовых отходов используют остаток подрешеточной фракции, образующийся после грохочения. Твердые бытовые отходы содержат большое количество компостируемых веществ, в том числе от 20 до 55% пищевых отходов.

После сортировки ТБО и дальнейшего грохочения остатка в подрешеточном пространстве остается до 35% в основном пищевых отходов, основными составляющими которых являются белки, углеводы, органические кислоты, жиры, лигнин и др.

Их присутствие в субстрате, как питательной среде, позволяет микроорганизмам интенсивно размножаться с наращиванием биологической активной массы.

В таблице 9 приведены соотношения компонентов при совместном компостировании отходов городского хозяйства по первому варианту.

Таблица 9 - Соотношение компонентов при компостировании без ТБО.

Компоненты	Исходная влажность, %	Вариант 1, мае. %	Вариант 2, мае. %	Вариант 3, мае. %	Вариант 4, мае. %
ОСВ ¹	60-80	50	50	55	40
Древесно-растительные отходы	15-40	40	35	30	45
Добавка	85-95	10	15	15	15

¹ ОСВ — осадки сточных вод.

В таблице 10 приведены соотношения компонентов при совместном компостировании отходов городского хозяйства по второму варианту.

Для созревания компост выдерживают от 1 до 4 мес, в течение которых поддерживают влажность компоста в пределах 55—65% по всему объему смеси при периодической аэрации, контроле температуры и влажности компоста.

Предложенный способ приготовления компоста позволяет получить конечный продукт, который можно использовать в качестве удобрения на разных стадиях развития растений (зерновых, клубневых и плодовых культур) как в сельском хозяйстве, так и в зеленом строительстве, декоративном цветоводстве.

Таблица 10 - Соотношение компонентов при компостировании, включая подрешеточную фракцию ТБО.

Компонент	Исходная влажность, %	Вариант 1, мае. %	Вариант 2, мае. %	Вариант 3, мае. %	Вариант 4, мае. %
ОСВ	60-80	30	20	30	20
Подрешеточная фракция ТБО	65	40	50	30	30
Древесно-растительные отходы	15	25	25	30	30
Добавка	80-90	5	5	10	20

Разработка технологии и расчет установки компостирования осадков сточных вод, твердых бытовых отходов и спилов деревьев

Вопросы утилизации твердых бытовых отходов в больших городах выходят на первое место в деятельности предприятий жилищно-коммунального хозяйства. В частности, к этим отходам относится подрешеточный продукт мусоросортировочных заводов (пищевые отходы), спилов деревьев, осадки сточных вод станций аэрации. Например, в Москве образуется до 5 млн т сточных вод, которые в основном проходят очистку на Люберецкой и Курьяновской станциях аэрации. При обработке ежедневно образуются десятки тысяч тонн сброженных осадков влажностью 62—75%. Эти осадки вывозятся на полигоны захоронения.

Второй из актуальных проблем, препятствующих дальнейшему благоустройству крупных городов, является деградация почв и истощение их естественного плодородия. Мегалополисы нуждаются в постоянном обновлении своих почв, обедненных биогенными элементами и пересыщенных вредными продуктами антропогенного происхождения. Наиболее остро стоит проблема дефицита в городской почве органического, прежде всего гумусового вещества, которое обеспечивает оптимальный режим питания и влаги для растений. Традиционные средства повышения плодородия городских почв, такие как навоз, перегной, торфы и т.д., в настоящее время стали дефицитными и их источники значительно удалены от мегаполисов. В связи с этим остро ощущается потребность в альтернативных источниках органического почвообразующего сырья. Кроме того, имеются сложности по внесению органических удобрений в почву в черте городской застройки, так как рекультивация имеющейся почвы требует применения специальных средств механизации и длительных поэтапных мероприятий. Наиболее приемлемым для города является

нанесение на спланированный участок предварительно подготовленного слоя, так называемой искусственной почвы, имеющей все компоненты для жизни растений и микробиоты, а также необходимую физическую структуру.

Нами разработана технология, позволяющая использовать твердые бытовые отходы и осадки сточных вод для получения полноценных компостов, которые в дальнейшем можно использовать как органическое удобрение либо как основной компонент при приготовлении искусственных почв. Предлагаемая технология предусматривает компостирование в аэрируемых буртах с поддержкой основных технологических параметров.

При формировании буртов используют различные композиции из материалов, составляющих исходное сырье для компостирования. Это (из расчета на сухое вещество) 20—40% сброженной в метантенках смеси осадков сточных вод и избыточного активного ила, 5—20% компонентов, выбранных из группы: сырой осадок сточных вод, избыточный активный ил, смесь сырого осадка сточных вод и избыточного ила. Осадки городских сточных вод являются гомогенным по фракционному и химическому составу ценным сырьем, на 40% состоящим из гумусовых веществ и их предшественников. Они содержат все необходимые для формирования почвы вещества (гумус, минеральные почвенные частицы), элементы (N, P, Ca, Mg) и микроэлементы (Mn, Si, Ni, Cr, Zn, Co, B, Mo), до 15% древесной щепы размером 10—30 мм.

Древесно-растительная часть композиции, не являясь самой ценной частью, кроме наличия в ней определенного количества необходимых для растений органических соединений, также является структурообразующим компонентом, позволяющим связывать и закреплять на подстилочном грунте мелкодисперсные компоненты искусственной почвы — осадки городских сточных вод и обеспечивать доступ воздуха к зоне расположения корневой системы растений. Порядка 25—45% подрешеточной фракции твердых бытовых отходов (пищевые отходы) — продукты питания, утратившие полностью или частично свои первоначальные потребительские свойства в процессах их производства, переработки, употребления или хранения. Влажность пищевых отходов колеблется от 70 до 92%.

Аппаратурно-технологическая схема производства и схема производственной площадки производства компостов и искусственных почв показаны на рисунке 111, *а* и *б*. Технологией предусмотрено грохочение готового компоста и возврат непереработанной щепы.

Время компостирования составляет 3—4 недели. Учитывая, что в процессе компостирования 1 кг органического вещества при распаде выделяет в среднем 21 МДж теплоты, которая составляет львиную долю тепломассообмена этого процесса и которую необходимо снимать принудительной аэрацией, а также учитывая, что одним из основных условий успешного компостирования является обеспечение компостируемой массы кислородом, стехиометрическая потребность в котором составляет 2 кг на 1 кг окисленного органического вещества, представляется целесообразным разрабатывать систему компостирования в буртах с принудительной аэрацией.

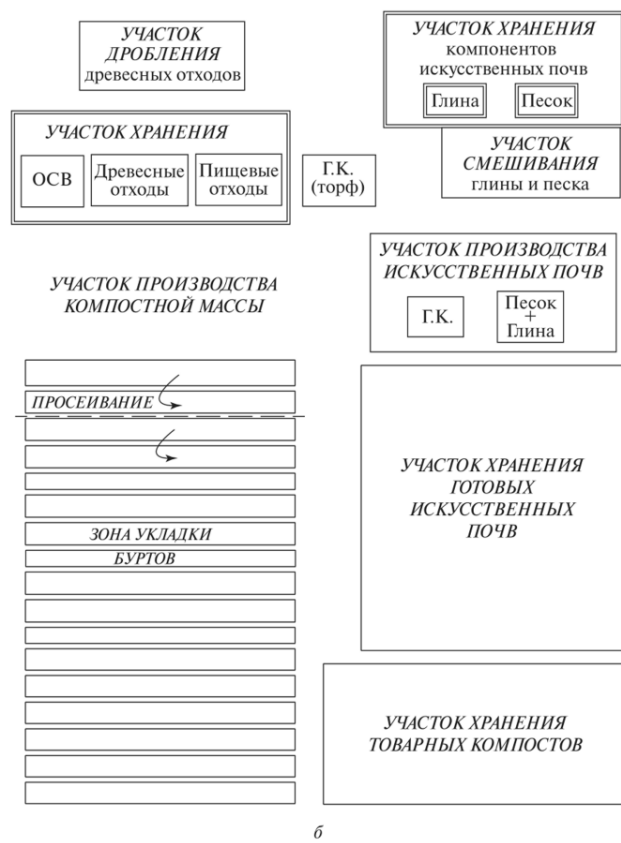
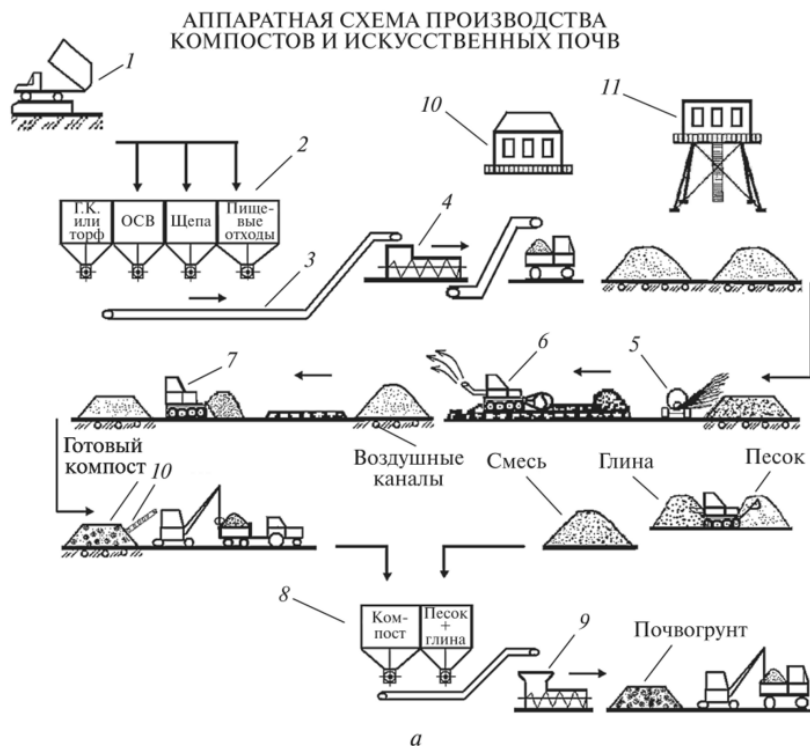


Рисунок 111 – Аппаратурно-технологическая схема (а) и схема производственной площадки производства компостов и искусственных почв (б):

1 — транспортные средства для разгрузки (бульдозеры); 2 — бункеры для складирования компонентов будущего компоста; 3 — транспортер; 4 — смеситель; 5 — ороситель; 6,7 — техника для формирования буртов; 8 — бункеры готового компоста, песка и глины; 9 — смеситель; 10, 11 — пункты наблюдения и части компоста (ускорение начала термофильной части процесса) «голову» процесса..

(Источник -

https://studref.com/466962/ekologiya/razrabotka_tehnologii_raschet_ustanovki_kompostirovaniya_osadkov_stochnyh_tverdyh_bytovyh_othodov_spilo).

Такое решение, касающееся всего сказанного, также ускорит процесс и обеспечит более высокое качество готового продукта. Аэрация в количестве 15—20 м³/ч на 1 т органического вещества начинается со второй недели закладки буртов и продолжается до готовности компоста в режиме 7—8 ч через 3—4 суток. Содержание кислорода и углекислого газа в компостируемой смеси лежит в пределах 10—15 и 6—8% соответственно. Отношение С:N = 25—30, N:P = 70—95. Выход готового продукта по влажной массе — 40—50% от исходной. Размер частиц не превышает 50 мм. Готовый компост имеет влажность 45—50%, содержание органических веществ — 50—70%, рН 7—9 при отсутствии патогенных организмов, яиц гельминтов и личинок мух.

При выборе производительности установки принято, что ежедневное количество осадка сточных вод составляет 300 т. После прохождения через фильтр-пресс его объем значительно уменьшается:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2} = 300 \cdot \frac{100 - 95}{100 - 77} = 65 \text{ т},$$

где W_1 и W_2 — влажность (в процентах) осадка сточных вод после метантенка и фильтр-пресса соответственно.

По разработанной технологии смешиваются компоненты в следующих пропорциях (массовая доля в смеси): осадки сточных вод после фильтр-пресса — 30% (65 т), подрешеточная фракция ТБО — 40% (87 т), древесно-растительные отходы — 20% (43,5 т), активный ил после вторичных отстойников — 10% (21,5 т), осадки после первичных отстойников — 10% (21,5 т). Общая масса $M = 238,5$ т.

Бурт в сечении представляет собой равнобедренную трапецию. При длине нижнего основания $a = 2$ м, угле естественного откоса 55° и высоте бурта $h = 1$ м верхнее основание будет равно $b = 0,38$ м. Длину бурта / принимаем равной 100 м.

Определяем объем каждого бурта:

$$V = \frac{a + b}{2} \cdot h \cdot l = \frac{2 + 0,38}{2} \cdot 1 \cdot 100 = 119 \text{ м}^3.$$

При плотности компоста $\rho = 250$ кг/м³ масса одного бурта составит

$$m_{1b} = \rho \cdot V = 250 \cdot 119 = 29\,750 \text{ кг}.$$

А количество буртов

$$n = \frac{M}{m_{1b}} = \frac{238\,500}{29\,750} = 8,01 \approx 8.$$

Основные конструктивные решения установки.

При разработке основных конструктивных решений особое внимание уделялось простоте и удобству эксплуатации установки компостирования. Была выбрана параллельная схема размещения восьми буртов, связанных общим коллектором подачи аэрирующего воздуха с возможностью их одновременной аэрации либо с возможностью отсечки от коллектора любого количества буртов. При этом система аэрации была спроектирована так, что конструктивно возможно использовать эту систему для подачи пара с целью обогрева буртов в холодное время года.

Бурты размером 2х1х100 м располагаются в специально спроектированных лотках из бетона, в которых по всей длине вблизи дна размещены жестко закрепленные перфорированные трубы для подачи воздуха или пара. После установки системы аэрации она накрывается защитным устройством, выполненным из металлических просечно-сжатых листов, на котором располагается компостный бурт. Эти листы препятствуют попаданию составляющих компоста на перфорированные трубы и забиванию их отверстий. Также днища бетонных лотков имеют форму, обеспечивающую сток избытка влаги в дренажную систему, проложенную вдоль буртов. Для этого они имеют небольшие поперечные уклоны к периферии.

Перед формированием буртов на просечно-сжатые листы насыпают слой древесной щепы толщиной 200—300 мм. Сверху бурты покрывают слоем готового просеянного компоста толщиной также 200—300 мм. Это делается с целью предотвращения теплопотерь, устранения неприятного запаха и распространения мух.

Для обслуживания буртов между ними производят засыпку щебнем (фракция 20—40 мм) при толщине слоя 300 мм. Размеры технологической площадки составляют 30 х 105 м.

Основные технические решения представлены на рисунке 112.

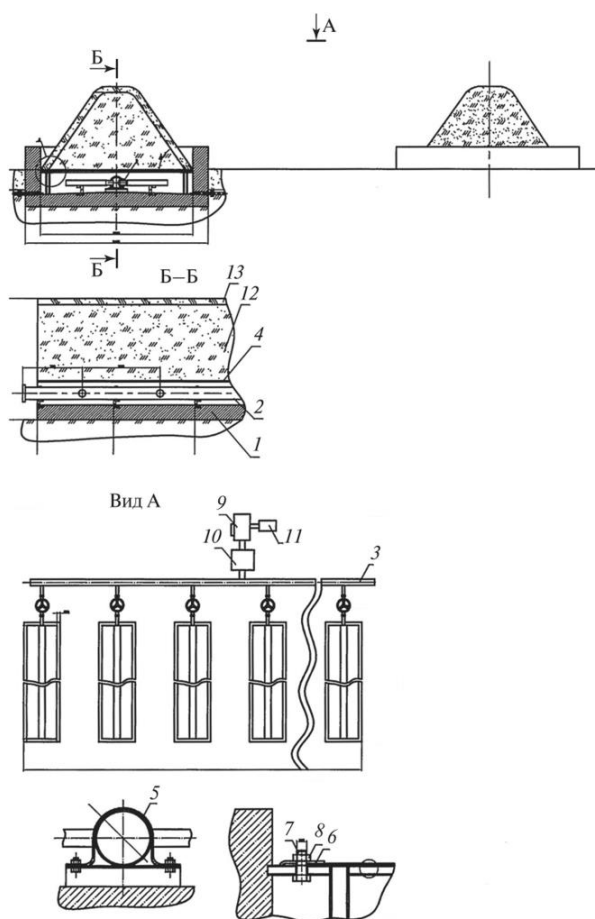


Рисунок 112 – Основные технические решения установки компостирования:

- 1 — бетонное основание; 2 — аэрационная труба; 3 — коллектор; 4 — просечно-сжатый лист; 5 — хомут; 6 — шайба специальная; 7 — болт; 8 — гайка; 9 — вентилятор; 10 — калорифер; 11 — электрический двигатель; 12 — компостируемая масса; 13 — слой готового компоста.

(Источник - https://studref.com/466963/ekologiya/osnovnye_konstruktivnye_resheniya_ustanovki).

Механизированные процессы компостирования.

Современные крупномасштабные системы по переработке городских отходов включают, как правило, стадии накопления твердых отходов, их предобработки, биодеградации и переработки конечного продукта (рисунок 113).



Рисунок 113 – Схема типового механизированного процесса компостирования.

(Источник - https://studref.com/466967/ekologiya/mehanizirovannye_protssy_kompostirovaniya#637).

Собранные твердые отходы выгружают с грузовиков в глубокие бункеры или на специально подготовленные площадки, откуда их перемещают с помощью специальных транспортеров, ковшей или погрузчиков. Затем материал подвергают обработке, состоящей в измельчении, отделении нежелательных к переработке примесей и регулировании влажности.

Измельчение проводят в слегка наклоненном барабане, как правило, диаметром 3 м и длиной 10 м, вращающемся с частотой 3—10 об/мин. Производительность такой установки составляет 10 т/ч. Кроме того, для измельчения могут использоваться молотковые, а в редких случаях — шаровые мельницы.

Энергетические затраты на измельчение в основном зависят от требуемого конечного размера частиц субстрата: при измельчении до 50 мм энергетические затраты составляют около 8 кВт/т, а при измельчении до 12,5 мм — около 20 кВт/т.

После измельчения удаляют отходы железа, пластмасс и тряпки. Перед компостированием, если в этом есть необходимость, добавлением воды или сырого активного ила регулируют влажность субстрата.

Механизированным компостированием на специализированных установках в биоконвекторах, биореакторах, ферментационных барабанах, силосах, биотуннелях, траншеях и т.п. достигается наиболее высокая производительность обработки, при этом продолжительность компостирования можно уменьшить до 2—3 недель и даже до 2—7 сут.

Объемы биореакторов для компостирования достигают 100—500 м³, производительность — от 0,5 до 300 т компоста/сут.

В комплекты оборудования таких систем входят: контейнеровозы, погрузчики, транспортеры, прессы, барабанные грохоты, магнитные сепараторы, установки для измельчения отходов, смесители, биофильтры или компостные фильтры для очистки газов, устройства для рыхления и перемешивания компостной массы грейферного, лопастного, шнекового и других типов (рисунок 114).

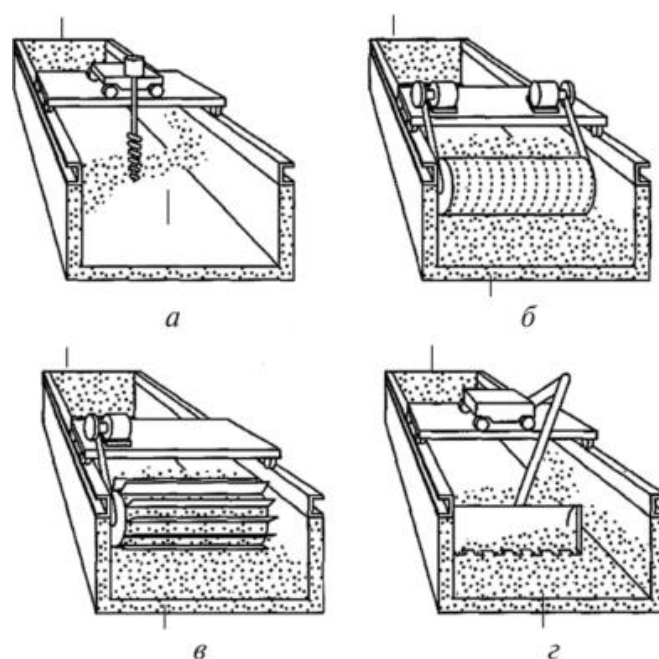


Рисунок 114 – Используемые при компостировании в механизированных траншейных системах перемешивающие устройства с перемещающимся валом:

a — шнековым; *б* — барабанным; *в* — корытного типа; *г* — ковшового типа.

(Источник - https://studref.com/466967/ekologiya/mehanizirovannye_protsessy_kompostirovaniya#637).

Компостирование с использованием механизированных технологий проводится в два этапа: 1) ускоренное разложение органического материала в условиях контролируемых температуры, влажности, аэрации; 2) дозревание полученной компостной массы в течение 3—4 недель в буртах или штабелях на площадках или в реакторах, где она стабилизируется, обеззараживается и высушивается.

В вертикальных реакторах типа силосных башен с одно- и многоступенчатым (многоэтажным) циклом (рисунок 115) компостирование проводится с перемешиванием материала внутри реактора либо без перемешивания при продолжительности процесса от 3 до 21 суток в зависимости от типа реактора и технологического

процесса. При этом обычно для ускорения процесса к компостируемому материалу добавляют часть (до 1/3) готового компоста. Компостируемая масса загружается сверху и выгружается снизу. Воздух для аэрации подается в нижнюю часть реакторов и выводится из верхней части.

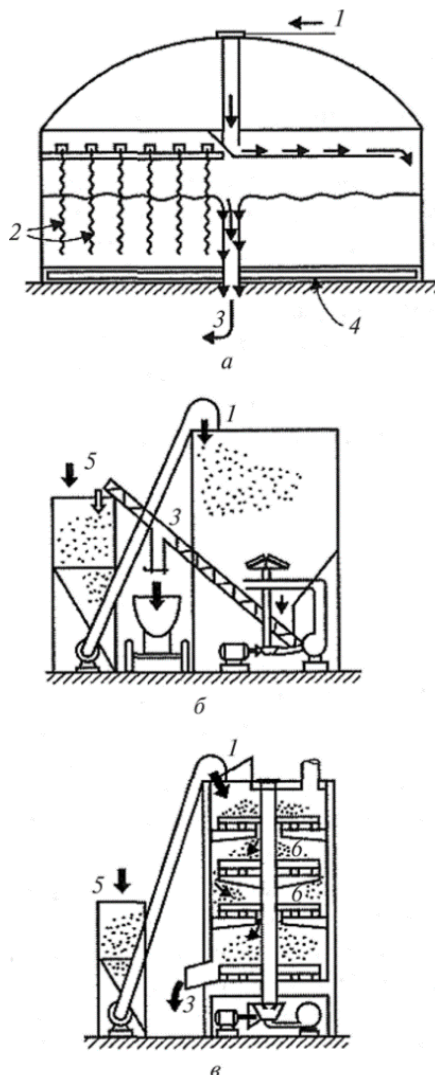


Рисунок 115 – Устройство вертикальных биореакторов для компостирования: а — с перемешиванием внутри реактора; б — с одноступенчатым циклом; в — с многоступенчатым (многоэтажным) циклом; 7 — подача компостной смеси; 2 — смесительные устройства; 3 — выгрузка компоста; 4 — система аэрации воздухом; 5 — смеситель; 6 — поды.
(Источник - https://studref.com/466967/ekologiya/mehanizirovannye_protsessy_kompostirovaniya#637).

Вертикальные силосы могут быть круглыми или прямоугольными в сечении и иметь несколько днищ. Материал подается в них непрерывно. Простейшим примером круглого силоса является установка с одним днищем, в которой находится однократная загрузка твердых отходов. Несколько таких башен обеспечивают время пребывания (4—5 сут) компостируемой массы в зоне компостирования. Воздух часто подается через перфорированное днище. Перемешивание может осуществляться с помощью вертикального шнека либо горизонтальных вращающихся лопастей.

Сопоставление систем компостирования показало, что установки с аэрируемым штабелем дешевле систем с вертикальными биореакторами в 1,5—2 раза.

Удаление влаги из осадка в процессе компостирования позволяет получать готовый компост в виде сыпучего материала влажностью 40—50% и за счет снижения влажности и распада органических веществ уменьшать его объем, что, в свою очередь, сокращает транспортные расходы на перевозку.

Сопоставление капитальных и эксплуатационных затрат на биотермическую обработку осадка и его сжигание показывает, что биотермическая обработка позволяет сократить как капитальные, так и эксплуатационные затраты в 2 раза. Получаемый компост может использоваться при планировочных работах, для выращивания быстрорастущих деревьев, а также для рекультивации земель при периодичности внесения 1 раз в 5 лет из расчета 5 т/га по сухому веществу.

Процесс компостирования в штабелях прост в обслуживании, позволяет существенно сократить топливно-энергетические расходы на обеззараживание осадков и улучшить их санитарно-гигиенические показатели (вследствие гибели болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух). В процессе жизнедеятельности аэробных микроорганизмов происходит потребление органических веществ, поэтому биотермический процесс наиболее эффективен при компостировании сырых несброженных осадков. Однако он применяется и в комбинации с аэробным и анаэробным сбраживанием осадков. В связи с тем, что процесс эффективен лишь при определенной влажности и оптимальном соотношении углерода и азота, компостированию целесообразно подвергать осадки, механически обезвоженные или подсушенные на иловых площадках в смеси с наполнителями.

В процессе компостирования сокращаются масса сухого вещества, объемная масса и содержание солей тяжелых металлов, отнесенное к единице массы. Компосты — сыпучие материалы, эффективные для использования в качестве удобрения и рекультиванта почв.

На рисунке 116 представлен один из вариантов механизированной системы совместного компостирования твердых городских отходов и осадков сточных вод. На первой стадии такой переработки ручной сортировкой удаляются стекло, цветные металлы, крупный металлолом, стройматериалы и другие некомпостируемые отходы. Жестяная тара и мелкий лом черных металлов удаляются электромагнитной сепарацией. Оставшаяся масса измельчается до размера не более 2,4 мм и смешивается с осадком сточных вод. Смесь компостируется в течение 6 суток, затем перемалывается и высушивается.

Недостатки промышленных механизированных технологий компостирования — высокая стоимость сооружений и сложность их эксплуатации. Затраты энергии на приготовление 1 т продукта составляют 20—200 кВт • ч. Цена высококачественного компоста — 30—50 \$, за 1 т сухой массы.

В механизированных системах компостирование можно проводить в течение всего года, но так как наибольшим спросом компост пользуется весной и осенью, необходимы площадки и емкости для его хранения.

Для использования в частных домах разработаны малогабаритные установки — компостирующие туалеты. Мусор и нечистоты в них по мере аэробного

разложения проходят через камеры и спустя 2—4 года поступают в последнюю камеру в виде готового гумуса, пригодного для удобрения садов и газонов.

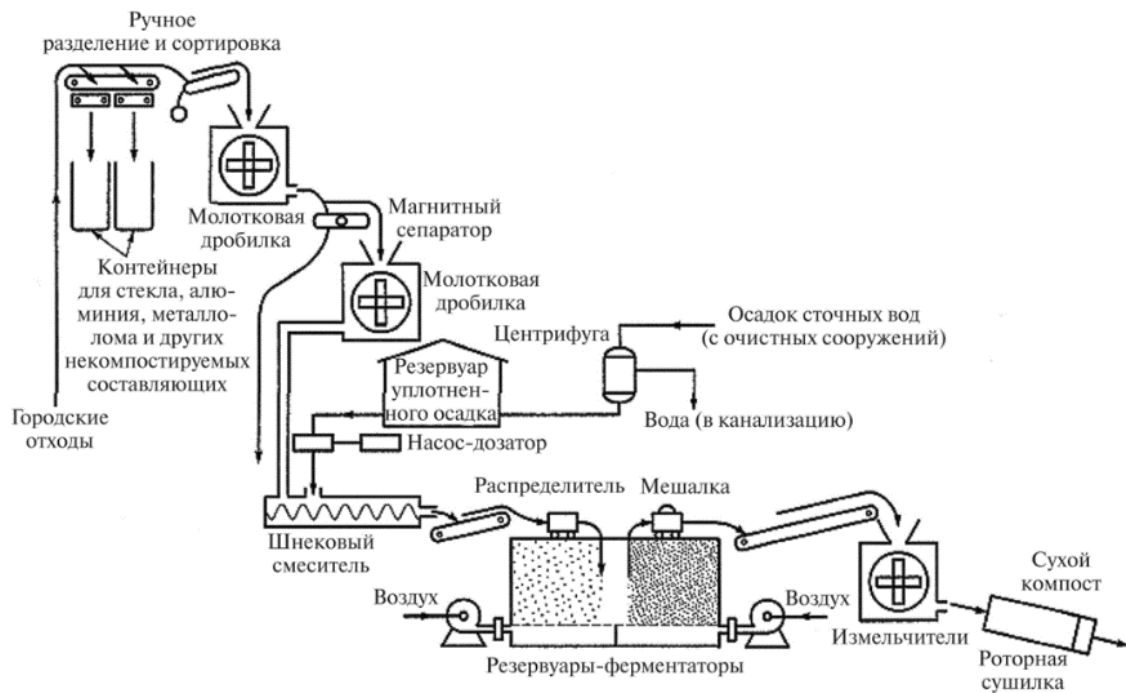


Рисунок 116 – Схема системы компостирования твердых городских отходов и осадка сточных вод.

(Источник - https://studref.com/466967/ekologiya/mechanizirovannye_protsessy_kompostirovaniya#637).

Недостатки процесса компостирования осадков сточных вод:

- компостирование в штабелях — длительный процесс, что требует наличия значительных земельных участков;
- при компостировании необходимо смешивать осадки с относительно высокими дозами наполнителей;
- компостирование в штабелях зависит от климатических условий или должно осуществляться в крытых или закрытых помещениях;
- в процессе компостирования выделяются газы, требующие дезодорации;
- при компостировании в биореакторах периодически могут возникать трудности с выгрузкой материала и необходимостью ремонта механического оборудования;
- компостирование в биореакторах требует повышенного расхода электрической энергии;
- при компостировании в биореакторах продолжительность процесса сокращается в 2—3 раза, но капитальные затраты и стоимость эксплуатации по сравнению с компостированием в штабелях возрастают в 2—3 раза.

Выход компоста в процессе компостирования.

Биодеградация органического материала при компостировании приводит к потере примерно 30—40% органического вещества в виде диоксида углерода и воды. Таким образом, масса образующегося компоста существенно меньше массы исходного сырого материала. Кроме того, могут быть дополнительные потери из-за

процесса разделения, поэтому предсказать выход компоста затруднительно. Биодegradации подвергается только часть органического субстрата, не подвергшаяся деградации фракция попадает в конечный продукт. Также сложно предсказать содержание воды в конечном продукте, так как она выделяется микроорганизмами и в то же время теряется за счет испарения. В сухом климате иногда возникает необходимость в добавлении воды для поддержания достаточного уровня микробной активности.

Простые системы компостирования в ямах, используемые в тропиках для компостирования смеси отходов растениеводства, навоза, сорняков, древесной золы и нечистот дают выход 40% по влажной массе. Такой же выход имеют установки по переработке твердых городских отходов в Европе, но при этом некоторые органические субстраты добавляются в виде сырого активного ила на стадии биодegradации. Твердые городские отходы при их компостировании в полупустынном и тропическом климате дают более высокий выход — 50% по влажной массе. При обычном компостировании садовых и домашних отходов выход составляет 40—50%.

Таким образом, после компостирования органических отходов масса составляет не более половины исходной, уменьшение объема еще значительнее. Все это существенно снижает стоимость транспортирования.

Состав компоста. Преимущества компостирования.

Состав компоста варьирует в широких пределах и в основном отражает состав использованного органического сырья.

Ниже перечислены компоненты готового компоста и указаны пределы их содержания (% по сухой массе):

органические вещества.....	25—80
углерод.....	8—50
азот.....	0,4-3
фосфор.....	0,1 —1,6
калий.....	0,4—1,6
кальций (в виде СаО).....	0,7—1,5

Компост, сырьем для которого послужили городские отходы, содержит меньше органических веществ и основных питательных веществ для растений, чем компост, полученный из сельскохозяйственных отходов. Компост из городских отходов содержит также существенные количества микроэлементов. Ряд полевых испытаний показал, что эти металлы накапливаются в растениях, выросших на почве, удобренной таким компостом. Уровень тяжелых металлов в компосте следует контролировать, чтобы предупредить накопление токсичных веществ в почве.

Все в большей степени осознается значение повторного использования органических отходов. Внесение сырых органических отходов в любую экосистему может создать серьезные проблемы либо из-за их высокой потребности в кислороде, либо из-за образующихся промежуточных соединений, либо из-за выделения аммиака. Компостирование позволяет получать с помощью биологического окисления стабильные продукты. Гумифицированные продукты при внесении их в экосистему не вызывают больших нарушений экологического равновесия в отличие от сырых отходов. Смешение низко активных отходов типа соломы с отходами

жизнедеятельности животных и человека позволяет решать проблему гигиенического удаления последних. При компостировании достигаются температуры, при которых погибают патогенные микроорганизмы, сорняки и их семена.

Компост представляет собой прежде всего средство для улучшения структуры почвы и в некоторой степени удобрение. При добавлении компоста в почву он разрушается, выделяя основные питательные вещества для растений, создавая источники N, P, K, микроэлементов. Клейкие вещества, а также мицелий грибов и актиномицетов способствуют агрегированию частиц почвы, органические компоненты компоста увеличивают ее способность удерживать влагу. Эти факторы значительно повышают устойчивость почвы к ветровой и водной эрозии. Одним из основных применений компоста, получаемого из городских отходов, во Франции и Германии является укрепление крутых склонов для размещения на них виноградников.

Добавление компоста в любых количествах практически безвредно, если только в нем не присутствуют в большом количестве тяжелые металлы. В умеренном климате органические вещества, внесенные в почву, разрушаются за несколько лет, а следовательно, компост можно добавлять каждые 3—4 года. В условиях тропиков процесс разрушения происходит гораздо быстрее, поэтому почву ежегодно удобряют компостом. В этих условиях рекомендуется вносить до 15 т/га. Если применяется большее количество компоста, то следует снизить количество вносимых неорганических удобрений. В засушливых районах существенно большие урожаи могут быть получены при условии улучшения структуры почвы и водоснабжения. Благодаря тому, что внесение компоста удовлетворяет потребность в микроэлементах, улучшает структуру почвы и повышает ее способность удерживать влагу, при его совместном использовании с неорганическими удобрениями усиливается действие последних. При совместном использовании компоста и неорганических удобрений следует помнить, что состав компоста может сильно варьировать в зависимости от материала, из которого он был получен. Питательные вещества выделяются из компоста медленнее, чем из легкорастворимых неорганических удобрений, следовательно, действие компоста может длиться несколько лет. Показано, что количество основных питательных веществ, которые становятся доступны в год внесения компоста, составляет: по азоту — 25%, по фосфору — 100%, по калию — 80%.

Недавно появился интересный способ использования компоста — пропускание сквозь кучу компостируемого материала дурнопахнущего воздуха (дезодорация). Химические вещества, являющиеся источником дурных запахов, абсорбируются в компосте и затем разрушаются микроорганизмами. При переработке больших количеств дурнопахнущего воздуха необходимо, чтобы падение давления при прохождении им слоя компоста было мало, и этот слой должен время от времени увлажняться (не должно быть его пересыхания).

Санитарно-гигиенический аспект компостирования.

Патогенные микроорганизмы вызывают инфекционные заболевания животных и человека. Они могут относиться к любой группе микроорганизмов: бактериям, актиномицетам, грибам, вирусам и простейшим. Патогенными организмами могут также являться различные гельминты. Большинство патогенных организмов мезо-фильно, они предпочитают температуры ниже 40°C, так как адаптированы к

температуре тела человека и животных. Большинство из них погибает, если находится достаточно длительное время при более высоких температурах. Однако существуют патогенные бактерии, образующие высокоустойчивые эндоспоры, которые выдерживают большое нагревание и высушивание, а затем прорастают, когда условия окружающей среды становятся подходящими для этого.

Большинство органических отходов жизнедеятельности человека и животных (нечистоты, сырой или сброженный активный ил, отходы боен, навоз и подстилка сельскохозяйственных животных, твердые отбросы) содержит патогенные организмы. Возрастает необходимость возвращать органические и другие питательные для растений вещества, содержащиеся в отходах, в почву. Однако с точки зрения охраны здоровья людей важно, чтобы эти отходы вносились в почву с возможно малым числом патогенных организмов. Это снижает риск, возникающий как при использовании отходов, так и при потреблении урожая.

При компостировании выживанию патогенных организмов препятствуют несколько факторов. Прежде всего, это воздействие температуры; кроме того, патогенные организмы погибают или их численность контролируется в результате конкуренции за источники питания с другими организмами, за счет выделения организмами-антагонистами антибиотиков или других ингибиторов, например аммиака. Важно отметить, что для каждой конкретной культуры летальное значение температуры зависит от времени воздействия. Воздействие высокой температуры в течение короткого времени или более низкой температуры в течение более длительного времени может быть одинаково эффективным. Исходя из взаимосвязи между температурой и временем воздействия, можно утверждать, что термическая инактивация большинства патогенных организмов при компостировании вполне достаточна. Температуры порядка 55—60°C, действующие от нескольких минут до нескольких дней, в основном эффективны. Хотя большинство возбудителей болезней и паразитов при этом погибает, некоторые спорообразующие бактерии могут выжить при температурах более 100°C. Примерами могут служить аэробные спорообразующие *Bacillus* spp., особенно возбудитель сибирской язвы, и анаэробные спорообразующие *Clostridium* spp., возбудители столбняка, ботулизма и газовой гангрены. Есть вероятность, что эти микроорганизмы могут выживать в процессе компостирования.

Естественно, невозможно гарантировать, что в процессе компостирования будут образовываться продукты, полностью свободные от патогенных организмов. Однако если компостирование проводится правильно, то получается достаточно гигиеничный конечный продукт. С этой точки зрения более желательны полностью закрытые системы с механическим перемешиванием, чем компостные ряды с периодическим переворачиванием материала. В полностью закрытых системах с механическим перемешиванием выделяющаяся теплота равномерно распределяется во всем объеме, и поэтому в них не образуются большие не прогреваемые зоны, в то время как разные части компостных рядов сильно различаются по температуре и аэрации. В них существуют холодные наружные и прилегающие к основанию зоны, практически анаэробная зона в центре и высокотемпературная зона в верхней половине. С помощью периодического переворачивания кучи более холодные зоны

могут оказаться в ее более горячем центре, но при этом необходимо такое число переворачиваний кучи, которое обеспечит требуемую степень стерилизации.

Компостируемая масса представляет собой источник микробной активности. Воздух, проходящий через компостируемые отходы, будет поднимать клетки микроорганизмов и их споры и выносить их в окружающее установку пространство. Это справедливо как для патогенных, так и для практически безвредных микроорганизмов. При определенных условиях, в основном при высоких концентрациях микробных клеток, некоторые из них могут вызывать аллергическую астму. Наиболее серьезны синдромы, вызываемые спорами термофильных грибов и актиномицетов. Описано несколько тестов на наличие патогенных микроорганизмов в компосте. Очевидно, что в компостируемой массе, которая хорошо перемешивалась, или достаточно часто переворачивалась, или была хорошо заизолирована — так, что вся подвергалась действию высоких температур в течение нескольких часов, все обычно обнаруживаемые патогенные микроорганизмы погибают. Компостируемый материал не является для патогенных микроорганизмов естественной средой обитания, и они постепенно элиминируются в таких экосистемах. Если в компосте обнаруживаются высокоустойчивые спорообразующие патогенные микроорганизмы, то весьма вероятно, что они также присутствуют в почве, а степень стерильности компоста не должна быть выше, чем стерильность почвы, в которую его вносят.

Все в большей мере осознается значение повторного использования органических отходов. Компостирование является способом гигиенического удаления органических отходов и получения полезного продукта, внесение которого в почву обеспечивает ее питательными веществами, снижает ее засоление, повышает стабильность почвы и ее способность к удерживанию влаги. Особенно важную роль в поддержании стабильности почвы и содержания в ней гумуса играет внесение компоста в пустынных и полупустынных районах. В умеренном климате компостирование более важно, как способ удаления отходов, снижающий их патогенность и дурной запах.

Тема 12 Экономические инструменты в области обращения с отходами.

Расширенная ответственность производителя (РОП) — механизм экономического регулирования, согласно которому производитель и импортёр товаров обязаны утилизировать произведенную или ввезенную ими на территорию страны продукцию в конце её жизненного цикла после утраты потребительских свойств. Для производителей (импортёров) товаров и упаковки устанавливается обязанность самостоятельно обеспечить норматив утилизации таких товаров после утраты ими потребительских свойств или уплату экологического сбора.

Впервые в мире механизм официально появился в Швеции и был представлен Томасом Линдквистом в отчёте Министерства окружающей среды Швеции за 1990 год. В последующих отчётах появилось определение термина РОП: «стратегия защиты окружающей среды, направленная на достижение экологической цели по снижению общего воздействия продукта на окружающую среду путем возложения на производителя продукта ответственности за цикл жизни продукта и особенно за его возврат, переработку и окончательную утилизацию». Итоговой целью этого

механизма является уменьшение и постепенное сведение к нулю захоронения отходов в пользу переработки и вовлечения во вторичный оборот.

Принцип РОП – механизм, когда производитель несет ответственность за весь жизненный цикл своей продукции от производства и реализации до момента, когда она станет отходом, а импортер в свою очередь, несет ответственность за весь жизненный цикл ввезенных товаров и упаковки с момента ввоза на территорию Республики Беларусь. Другими словами - «загрязнитель» платит.

Внедрен в практику обращения с коммунальными отходами в большинстве развитых стран. В Республике Беларусь РОП внедрен с 2012 года и регулирует отношения в сфере обращения с отходами товаров и упаковки. Для производителей и импортёров товаров и упаковки устанавливается обязанность самостоятельно обеспечить норматив сбора, обезвреживания и (или) использования таких товаров после утраты ими потребительских свойств или внести плату за организацию этой работы на счет специально уполномоченной организации.

Координацию деятельности в сфере обращения со вторичными материальными ресурсами и отходами товаров и упаковки осуществляет Министерство жилищно-коммунального хозяйства, которым в этих целях создано государственное учреждение «Оператор вторичных материальных ресурсов».

Внедрение РОП позволяет:

- сокращать объемы захоронения отходов;
- предотвращать вредное воздействие отходов на окружающую среду;
- повышать уровень вовлечения в хозяйственный оборот вторичных материальных ресурсов;
- создавать развитую и доступную для населения инфраструктуру сбора отходов;
- сокращать производство и продажу товаров и упаковки из не перерабатываемых материалов;
- внедрять новые перспективные технологии использования отходов.

Производители и поставщики организуют самостоятельный сбор отходов товаров и упаковки, в отношении которых возникла обязанность, согласно установленным нормативам сбора, с последующей их передачей на использование (переработку) на территории Республики Беларусь (Положение о порядке, условиях применения и требованиях к собственной системе сбора, обезвреживания и (или) использования отходов товаров и упаковки, постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.06.2020 №388).

Существует пять основных видов ответственности производителя/импортера в рамках РОП, составляющих модель принципа РОП:

- экономическая,
- физическая,
- компенсационная
- информационная ответственность
- и право собственности.

РАЗДЕЛ II. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1

Определение состава отходов

Цель работы: определить морфологический и химический состав отходов в соответствии с заданием.

Общие сведения

Определение компонентного состава отходов необходимо в первую очередь для определения степени и класса опасности отходов и представляет собой определение количественного и качественного (морфологического и химического) состава отходов относительно содержащихся в них веществ. Полученная информация необходима для определения требований по сбору, хранению, перевозке отходов, для действий в аварийных ситуациях. Также полученные данные важны при подборе соответствующих средств индивидуальной защиты работников.

Определение морфологического и химического состава отходов.

Большинство отходов представляют собой многокомпонентную систему.

Содержание того или иного вещества в отходе, даже в небольших количествах, может существенно повлиять на степень и класс опасности отхода.

Для вида отхода необходимо сначала определить морфологический состав, затем детализировать его по химическим компонентам. Для выполнения работы необходим доступ к интернету для поиска данных. В случае невозможности подключения преподаватель предоставляет справочную литературу для поиска необходимых данных.

Результаты работы оформляются в таблицу 1, в которой приведены данные по проводу самонесущему изолированному алюминиевому в качестве примера.

Таблица 1 - Морфологический и химический состав отхода

Вид отхода: Провод самонесущий изолированный алюминиевый Код вида отхода по Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь: 3530413	
Наименование компонента	Содержание, %
<i>Морфологический состав</i>	
Алюминий	55
Полимерный материал	45
<i>Химический состав</i>	
Алюминий	55
Поливинилхлорид	45
Источники информации:	
Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектростанций, теплоэлектроцентралей, промышленных и отопительных котельных.	

Контрольные вопросы

1. Что такое морфологический состав отходов?
2. Что такое химический состав отходов?
3. Для каких целей необходимо определять морфологических и химический состав отходов?

Практическая работа № 2.

Определение степени и класса опасности отходов

Цель работы: рассчитать класс опасности отхода. Сравнить полученный результат с классом опасности, указанным в Классификаторе.

Общие сведения

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства осуществляется на основании перечня опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов, необходимых для установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства.

Опасные отходы классифицируются по классам опасности:

- первый класс опасности - чрезвычайно опасные;
- второй класс опасности - высокоопасные;
- третий класс опасности - умеренно опасные;
- четвертый класс опасности – малоопасные.

Расчет класса опасности отходов

Исходя из данных Таблицы 1 для каждого показателя анализируемого компонента отходов в графе 5 таблицы 3 проставляют балл токсичности от 1 до 4.

Для определения индекса токсичности компонента отходов используют не более 12 параметров из приведенных в таблице 1. Приоритетность выбора 12 показателей из большего числа определяются их порядковым номером в таблице 1. Показатели с порядковыми номерами 13-23 используют для расчета класса токсичности в том случае, если информация по показателям 1-12 отсутствует.

Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле:

$$П_{ИО} = n/N,$$

где n - число установленных показателей;

N - количество наиболее значимых первичных показателей опасности компонентов отхода для ОС (равно 12).

Баллы присваиваются следующим диапазонам изменения показателя информационного обеспечения:

Диапазоны изменения показателя информационного обеспечения (n/N)	Балл
$< 0,5$ ($n < 6$)	1
$0,5-0,7$ ($n = 6-8$)	2
$0,71-0,9$ ($n = 9-10$)	3

Таблица – 1 Показатели опасности компонентов отходов.

Первичные показатели опасности компонента отхода	Степень опасности компонента отхода для ОС по каждому компоненту отхода			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вещества в почве (ПДК _п); ориентировочно допустимая концентрация; (ОДК*), мг/кг	< 1	1-10	10,1-100	> 100
Класс опасности в почве	1	2	3	не установлен
Предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК _в); ориентировочно допустимый уровень (ОДУ); ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ), мг/л	< 0,01	0,01-0,1	0,11-1	> 1
Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК _{р.х}); ОБУВ, мг/л	< 0.001	0.001-0.1	0,011-0,1	>0,1
Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вещества среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест (ПДК _{с.с.}); предельно допустимая концентрация вещества максимально разовая в воздухе населенных мест (ПДК _{м.р.}); ОБУВ, мг/м ³	< 0,01	0,01-0,1	0,11-1	> I
Класс опасности в атмосферном воздухе	1	2	3	4
ПДК _{нм} ; максимально допустимое содержание (МДС); максимально допустимый уровень (МДУ), мг/кг	< 0.01	0,01-1	1,1-10	> 10
Ig (S, мг/л/ ПДК _в , мг/л)** S - растворимость компонента отхода (вещества) в воде при 20°С	>5	5-2	1,9-1	< 1
Ig (C _{нас} , мг/м ³ /ПДК _{р.з.}) C _{нас} - насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20°С и нормальном давлении; ПДК _{р.з.} - предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны	> 5	5-2	1,9-1	< 1
Ig (C _{нас} , мг/м ³ / ПДК _{с.с.} или ПДК _{м.р.})	>7	7-3,9	3,8-1.6	< 1,6
Ig K _{ow} (октанол/вода) K _{ow} - коэффициент распределения в системе октанол/вода при 20°С	>4	4-2	1,9-0	< 0
LD ₅₀ (мг/кг) — средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях	< 15	15-150	151-5000	>5000
LC ₅₀ (мг/м ³) - средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50%	<500	500-5000	5001-50000	> 50000

Первичные показатели опасности компонента отхода	Степень опасности компонента отхода для ОС по каждому компоненту отхода			
	1	2	3	4
подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях				
LC ₅₀ (водн.), мг/л 96 ч	< 1	1-5	5,1-100	> 100
БД = БПК</ ХПК _{100%} БД - биологическая диссимилиация.	<0,1	0,01-1.0	1,0-10	> 10
Перелетентность (трансформация в ОС)	Образ-е более токсичных продуктов, в т.ч. облад. отдаленными эфф-ми или новыми св-вами	Образ-е продуктов с более выраженным влиянием др. критериев опасности	Образ-е продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходного вещества	Образ-е менее токсич. продуктов
Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	Выраженное накопление во всех звеньях	Накопление в нескольких звеньях	Накопление в одном из звеньев	Нет накопления

* В случаях отсутствия ПДК токсичного компонента отхода допустимо использование другой нормативной величины, указанной в скобках.

** Если S = бесконечно, то lg (S/ПДК) = 1, если S = 0, то lg (S/ПДК) = 0.

По установленным степеням опасности компонентов отхода для ОС в различных природных средах рассчитывается относительный параметр опасности компонента отхода для ОС (X_i): сумма баллов по всем параметрам делится на число этих параметров.

Затем рассчитывается коэффициент Z_i по формуле:

$$Z_i = 4X / (3 - 1/3).$$

Коэффициент степени опасности i-го компонента опасного для ОС отхода W_i (мг/кг) рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\lg W_i = 4 - 4/Z_i; \quad \text{для } 1 < Z_i < 2$$

$$\lg W_i = Z_i; \quad \text{для } 2 < Z_i < 4$$

$$\lg W_i = 2 + 4/(6 - Z_i), \quad \text{для } 4 < Z_i < 5$$

Показатель степени опасности компонента отхода для ОС K_i, рассчитывается по формуле

$$K_i = C_i / W_i$$

где C_i - концентрация i-го компонента в опасном отходе (мг/кг отхода).

Показатель степени опасности отхода для ОС K рассчитывают по следующей формуле

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_m,$$

где K - показатель степени опасности отхода для ОС;

K_1, K_2, \dots, K_m - показатели степени опасности отдельных компонентов опасного для ОС отхода.

В перечень показателей, используемых для расчета включается **показатель информационного обеспечения $\Pi_{ио}$** для учета недостатка информации по первичным показателям степени опасности компонентов отхода для ОС. Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле:

Отнесение отходов к классу опасности расчетным методом по показателю степени опасности отхода для ОС осуществляется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Определение класса опасности отхода по его степени опасности.

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОС (K)
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$

Полученные данные заносятся в таблицы 3, 4.

Таблица 3 – Состав отходов и токсичность его компонентов

Наименование компонента отходов	Концентрация, C_i , мг/кг	Параметры, на основании которых определен индекс токсичности компонента отходов				Индекс токсичности K_i
		Наименование и единица измерения	Значение	Балл токсичности	Обозначение документа, из которого взята характеристика	
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 4 – Результаты расчета по компонентам отхода:

Вид отхода: _____

Опасные свойства отхода: _____

Компонент	Сод., %	C_i (мг/кг)	X_i	Z_i	IgW_i	W_i (мг/кг)	K_i
Алюминий	40.00	$4 \cdot 10^5$	4.00	5.00	6.00	1000000.00	0.400
Пластмасса (ПВХ)	60.00	$6 \cdot 10^5$	4.00	5.00	6.00	1000000.00	0.600
Суммарный %	100.00						
Показатель K степени опасности отхода:					1.000		
Класс опасности отхода по расчетам:					"неопасный"		
Класс опасности отхода по Классификатору:					"неопасный"		

Контрольные вопросы

1. Какие есть классы опасности отходов?
2. Перечислите опасные свойства отходов
3. Зачем важно знать класс опасности отходов?
4. Как определить класс опасности отхода, если он не указан в Классификаторе?

Практическая работа № 3

Расчет норматива образования отходов

Цель работы:

1. Ознакомиться с основными методами определения нормативов образования отходов.
2. Выполнить расчет нормативов образования отходов.

Общие сведения

Нормативы образования отходов производства разрабатываются для отходов производства, подлежащих захоронению на объектах захоронения отходов и (или) хранению на объектах хранения отходов, за исключением случаев, предусмотренных законодательством РФ.

Для расчета нормативов образования отходов используются различные методы и, соответственно, разные единицы их измерения. В соответствии с технологическими особенностями производства нормативы образования отходов определяются в единицах массы (объема) либо в процентах от количества используемого сырья, материалов, или от количества производимой продукции.

Нормативы образования отходов, оцениваемые в процентах, определяются по тем видам отходов, которые имеют те же физико-химические свойства, что и первичное сырье. Нормативы образования отходов с измененными по сравнению с первичным сырьем характеристиками предпочтительно представлять в следующих единицах измерения: кг/т. кг/м, м /тыс. м и т.д.

При определении нормативов образования отходов применяются следующие методы:

1) метод расчета по материально-сырьевому балансу (применяется в случае отсутствия отраслевых норм расхода сырья и образования отходов путем составления баланса входящих в производственный процесс и выходящих из него потоков, экспериментальным или статистическим методом);

2) метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов (осуществляется путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли, либо посредством расчета средних удельных показателей на основе анализа отчетной информации за определенный (базовый) период; выделения важнейших, (экспертно устанавливаемых) нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов на планируемый период).

При расчетах используют конструкторско-технологическую документацию (технологические карты, рецептуры, регламенты, рабочие чертежи) на производство продукции, при котором образуются отходы. На основе такой документации в соответствии с установленными нормами расхода сырья (материалов) рассчитывается норматив образования отходов (H_0) как разность между нормой расхода сырья (материалов) на единицу продукции и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья.

Расчет нормативов образования отходов.

Расчет осуществляется по формуле:

$$H_0 = N(1 - K_n) - P - H_n,$$

где N - норма расхода сырья (материалов) на единицу продукции, т;

P - расход сырья (материалов), необходимого для осуществления производственного процесса (работы), т;

H_n - неизбежные безвозвратные потери сырья (материалов) в процессе производства, т;

$K_n = H_n / N$ – коэффициент неизбежных потерь сырья (материалов).

Норматив образования отходов в процентах или как коэффициент выхода вторичного сырья (H'_0) определяется по формуле:

$$H'_0 = (1 - K_n - K_{исп}) \cdot 100\%,$$

где $K_{исп}$ - коэффициент использования сырья (материалов) при производстве продукции:

$$K_{исп} = P / N.$$

При отсутствии отраслевых нормативов применяется экспериментальный метод, который используется для технологических процессов, допускающих определенный диапазон изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой, микробиологической и других отраслях промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических расчетов. Метод заключается в определении нормативов образования отходов на основе проведения опытных измерений в производственных условиях. Первоначально на основе статистической обработки измерений массы полезного продукта, получаемого из единицы массы сырья (материалов), определяется показатель, характеризующий долю полезного продукта в единице сырья (в %) ($C_{n.n.}$). Исходя из значения этого показателя и данных о массе извлеченного из сырья полезного продукта ($M_{n.n.}$) определяется масса образования отходов (V_0) по формуле:

$$V_0 = M_{n.n.}(100 - C) / C,$$

Норматив образования отхода на единицу произведенной продукции (H''_0) рассчитывается по формуле:

$$H''_0 = V_0 / Q_{пр.},$$

где $Q_{пр.}$ - количество продукции, при производстве которой образуется отход.

Расчет по фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных работ получил название статистический метод. Метод применяется для определения нормативов образования отходов на основе статистической обработки информации за базовый (3-летний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости производимой продукции.

Нормативы образования отходов (H'') статистическим методом определяются по формуле:

$$H'' = V_{o.n.} / N_n \cdot K_m.$$

где H'' - масса отходов, т;

N_n - количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;

K_m - коэффициент перевода единицы измерения количества изделий (материалов) в единицу массы.

Коэффициент K_m применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д.

На производствах с неустойчивыми регламентами технологических процессов, где нормативы образования отходов непосредственно не связаны с единицей производимой продукции они определяются статистическим методом по формуле:

$$H'''_0 = V_0 / Q_c,$$

где H'''_0 - норматив образования отходов на единицу перерабатываемого сырья и материалов;

V_0 - масса образования отходов за рассматриваемый период (в массу образования отходов включается только текущий выход отходов);

Q_c - масса перерабатываемого сырья и материалов при производстве продукции.

Статистические данные обрабатываются за последние три года с последующей корректировкой удельных показателей на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производственного процесса.

При расчете нормативов образования отходов потребления основными методами являются экспериментальный и статистический.

Норматив образования отхода потребления ($H_{o.n.}$) на основе коэффициента износа изделия, учитывающего изменение массы единицы изделия до и после его эксплуатации, определяется по формуле:

$$H_{o.n.} = 1 - K_{из},$$

где $K_{из}$ - коэффициент износа изделия (потери веса в эксплуатации):

$$K_{из} = \frac{M_{пер} - M_{из}}{M_{пер}},$$

где $M_{пер}$, $M_{из}$ - соответственно первоначальная и остаточная масса эксплуатируемого изделия.

Средневзвешенный норматив образования отхода потребления $H'_{o.n.}$ определяется по формуле:

$$H'_{o.n.} = \frac{\sum_{i=1}^m M_{из i} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^m M_{пер i} \cdot q_i},$$

где i - индекс вида изделия, входящего в группу однотипных изделий ($i = 1, 2, \dots, m$);

$M_{из}$ - масса среднего изношенного изделия;

$M_{пер}$ - первоначальная масса среднего изделия.

$M_{из i}$ определяется экспериментальным путем на основе взвешивания изношенных за год изделий.

Нормативы образования отходов производственного потребления ($H''_{o.n.}$) определяются статистическим методом по формуле

$$H''_{o.n.} = \frac{V_{o.n.}}{N_n \cdot K_m},$$

где $V_{o.n.}$ - масса отходов потребления;

N_n - количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;

K_m - коэффициент перевода единицы измерения количества изделий в единицы массы.

Коэффициент K_m применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д. Если N_n представляет собой количество изделий в шт., то в формуле для определения первоначального веса изделий ($N_n K_m$) вместо K_m используется масса единицы изделия, а N_n определяется по формуле

$$N_n = n \cdot Q,$$

где n - норма потребления изделия на одного работающего (единицу оборудования) и т.д.;

Q - численность работающих (количество оборудования) и т.д.

При определении нормативов образования отходов потребления необходимо учитывать нормативный срок службы продукции в сфере потребления, а также срок временного отвлечения материалов на различные нужды (например, в связи с передачей в архив бумаги, идущей на документацию длительного хранения). Поскольку сроки образования отходов и сроки поступления изделия в сферу потребления не совпадают, в формуле для расчета $H''_{o.n.}$ при определении норматива t лет $V_{o.n.}$ берется за t лет, а N_n за $(t - r)$ лет, где t - нормативный срок службы изделия.

Определение нормативов образования отходов включает анализ отчетной документации об отходах, включая статотчетность; формирование номенклатуры отходов производства и потребления, по которым будут разрабатываться нормативы; установление нормативной документации, регламентирующей обращение с отходами сформированной номенклатуры; определение возможных направлений использования отходов и организационно-технических мероприятий по повышению индекса использования отходов; выбор метода и расчет нормативов образования отходов.

Исходные данные и результаты расчетов количества и массы (объемов) отходов приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения об образовании отходов производства.

Наименование отхода	Наименование продукции	Нормы расхода первичного сырья, материалов на единицу продукции					Планируемое количество выпускаемой продукции, q_i	Объем образования отходов производства, $H_{o.n.}$
		Наименование сырья, материалов, ед.измер.	Всего, N	Чистый расход материалов, P	Безвозвратные потери (коэффициент потерь) H_n, K_n	Норматив образования отходов производства, H_n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Форма таблицы является примерной и может корректироваться в зависимости от вида отхода.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы определения нормативов образования отходов.
2. Какие параметры необходимы для определения нормативов?
3. В каких случаях не требуется расчет норматива образования отхода?
4. Для чего важно определять нормативы образования отходов?

Практическая работа № 4

Выявление образующихся отходов путем составления схем материальных потоков технологических процессов

Цель работы: научиться составлять схемы материальных потоков технологических процессов и на их основании составлять полный перечень образующихся отходов.

Общие сведения.

Одним из методов, который можно использовать для идентификации образующихся в технологическом процессе отходов, является составление упрощенной поточной схемы процессов или схем материальных потоков. При составлении подобных схем технологический процесс разбивается на ряд операций, для которых указываются входящие (сырье, материалы, энергия и т.п.) и выходящие (отходы, выбросы в атмосферу, сброс сточных вод и т.п.) потоки. Пример составления схем материальных потоков на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 - Схема материальных потоков процесса производства свинцовых аккумуляторов.

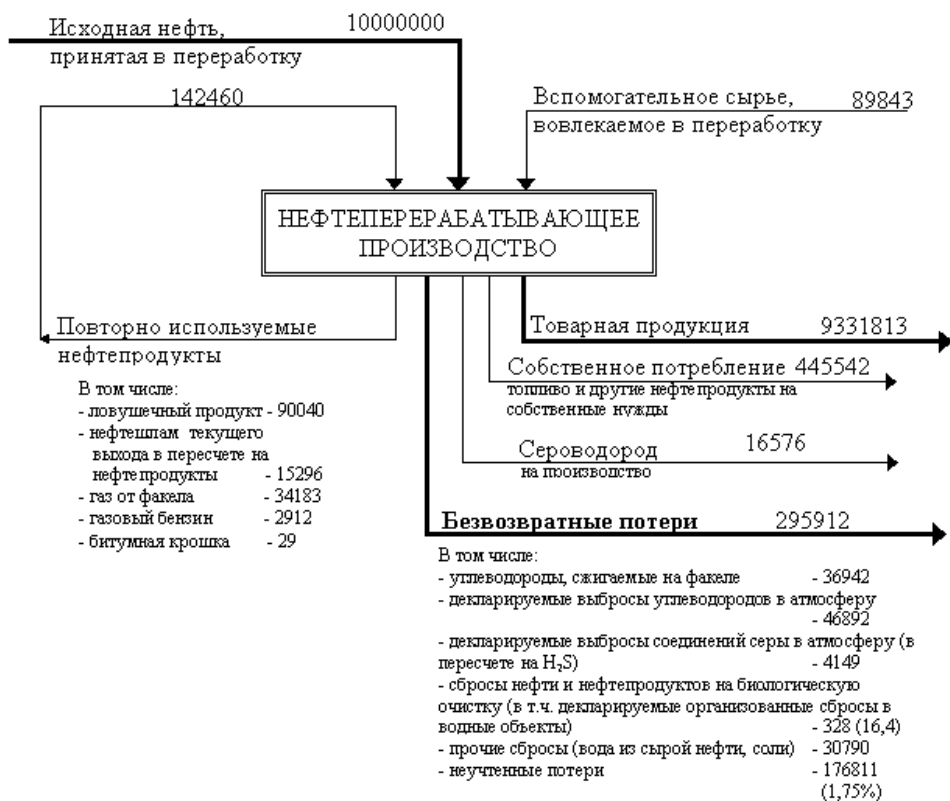


Рисунок 2 - Схема материальных потоков для нефтеперерабатывающего производства.

После составления схем материальных потоков заполняется таблица 1.

Таблица 1 – Сведения об образующихся отходах в процессе

Стадия процесса	Наименование отхода по Классификатору	Код отхода	Агрегатное состояние	Класс опасности
1	2	3	4	5

Контрольные вопросы:

1. С какой целью необходимо анализировать производственный процесс / операцию методом составления схем материальных потоков?
2. Для составления каких документов на предприятии необходимо определять перечень образующихся отходов?
3. Обоснуйте свои полученные результаты с точки зрения отнесения потоков к отходам.

Практическая работа № 5

Составление диаграммы Исикавы для выявления корневых причин несоответствий при обращении с отходами на предприятии

Цель работы: научиться использовать метод выявления причинно-следственных связей для поиска причин возникновения несоответствий в области обращения с отходами (по готовым заданиям или вне аудитории).

Общие сведения:

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, причем некоторые из них могут влиять на другие, то есть быть связанными отношениями «причина-результат». Знание структуры этих отношений, то есть выявление цепочки причин и результатов, позволяет успешно решать проблемы управления, в том числе и проблемы управления качеством. Для удобства анализа структуры причин и результатов используют диаграммы Исикавы – диаграммы причин и следствий, т.е., это диаграмма, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами. Схема представляет собой графическое упорядочение факторов, влияющих на объект анализа. Причинно-следственную диаграмму используют для выявления и систематизации факторов (причин), влияющих на определенный результат процесса или вызывающих какую-либо проблему при его реализации.

Причинно-следственную диаграмму из-за ее формы иногда называют еще «рыбьей костью» или «рыбьим скелетом». Объектом исследования может быть проблема (например, «потребители не удовлетворены») или искомый результат (например, «полное удовлетворение потребителей»). Причем последний вариант бывает предпочтительней, так как часто позволяет найти более короткие пути к цели.

Чаще всего причинно-следственная диаграмма строится для отдельной проблемы (результата) (рисунок 1). Если выявлено много факторов, причинно-следственная диаграмма может быть детализирована для отдельных (главных) факторов (причин).

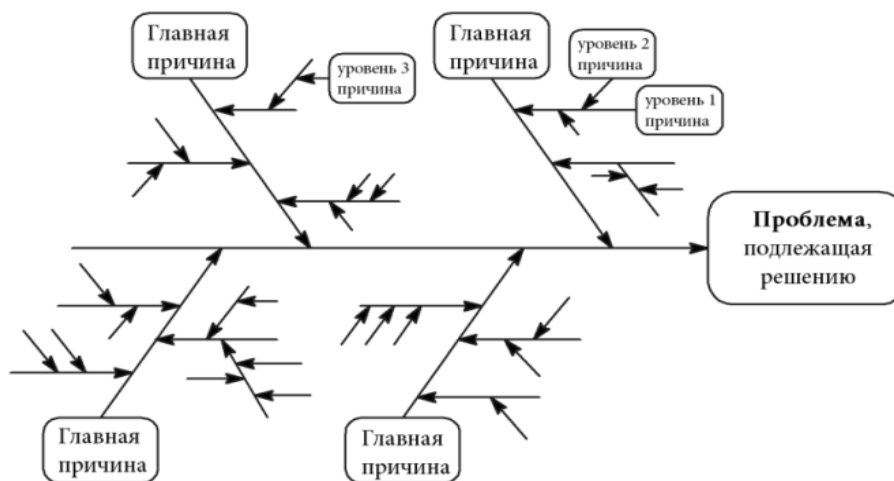


Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма (общий вид).

Главным достоинством схемы Исикавы является то, что она дает наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов. В основе построения диаграммы лежит определение задачи, которую необходимо решать.

При составлении причинно-следственной диаграммы Исикавы наиболее значимые параметры и факторы располагают ближе к голове «рыбьего скелета». Построение начинают с того, что к центральной горизонтальной стрелке, изображающей объект анализа, подводят большие первичные стрелки, обозначающие главные факторы (группы факторов), влияющие на объект анализа. Далее к каждой первичной стрелке подводят стрелки второго порядка, к которым в свою очередь подводят стрелки третьего порядка и т.д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа в конкретной ситуации.

Каждая из стрелок, нанесенных на схему, представляет собой, в зависимости от ее положения, либо причину, либо следствие: предыдущая стрелка по отношению к последующей всегда выступает как причина, а последующая – как следствие.

Главное при построении схемы заключается в том, чтобы обеспечить правильную соподчиненность и взаимозависимость факторов, а также четко оформить схему, чтобы она хорошо смотрелась и легко читалась. Поэтому, независимо от наклона стрелки каждого фактора, его наименование всегда располагают в горизонтальном положении, параллельно центральной оси.

На рисунках 2, 3 приведены более детальные примеры причинно-следственной диаграммы Исикавы типа «рыбий скелет».

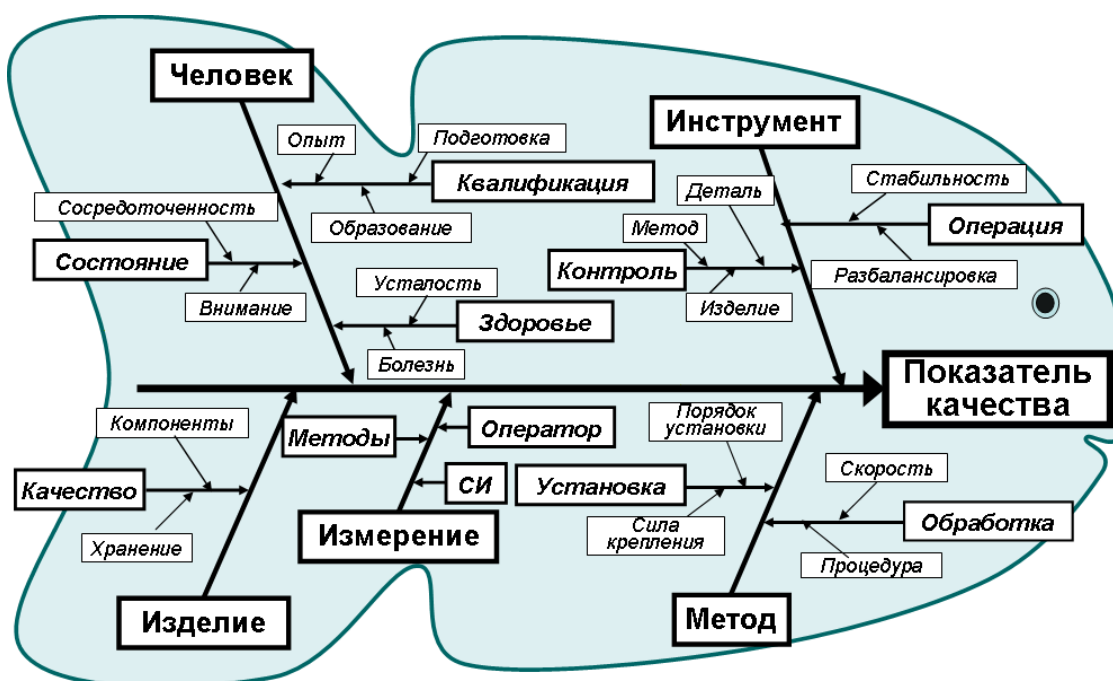


Рисунок 2 - Пример причинно-следственной диаграммы Исикавы.

Построение диаграммы включает следующие этапы:

- выбор результативного показателя, характеризующего качество изделия (процесса и т.д.) или другую проблему;
- выбор главных причин, влияющих на показатель качества. Их необходимо поместить в прямоугольники («большие кости»);
- выбор вторичных причин («средние кости»), влияющих на главные;
- выбор (описание) причин третичного порядка («мелкие кости»), которые влияют на вторичные;
- ранжирование факторов по их значимости и выделение наиболее важных.

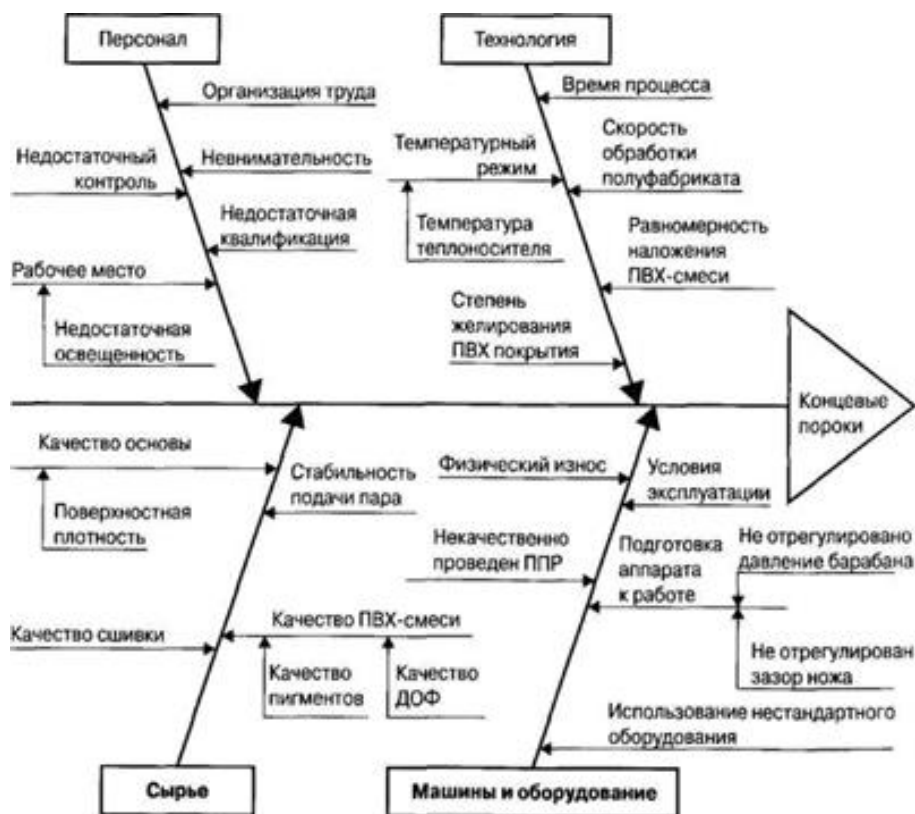


Рисунок 3 - Пример причинно-следственной диаграммы Исикавы для управления дефектами при производстве ПВХ-покрытия.
(Источник: <https://inbsn.ru/business-optimization/Ishikawa-diagram.html>)

Для установления главных причин часто используется метод «5М». Данный метод предполагает, что существует пять категорий причин появления какой – либо ситуации. «5М» - это пять слов английского языка начинающихся на букву «М»:

- Man (Человек) – причины, связанные с человеческим фактором.
- Machines (Машины, оборудование) – причины, связанные с оборудованием.
- Materials (Материалы) – причины, связанные с материалами.
- Methods (Методы) – причины, связанные с технологией работы, с организацией процессов.
- Measurements (Измерения) – причины, связанные с методами измерения.

Заключительным этапом анализа диаграммы Исикавы является выделение наиболее важных и значимых причин несоответствий.

Полученные результаты обсуждаются в группе с преподавателем в режиме круглого стола.

Контрольные вопросы.

1. Что из себя представляет метод Исикавы?
2. Что означает «корневая причина несоответствия»?
3. Перечислите основные причины возникновения несоответствий.
4. В чем заключается суть метода «5М»?
5. Какими методами мы можем повлиять на причины несоответствий?

Практическая работа № 6

Идентификация пластиковых отходов по их свойствам



Цель работы – научиться проводить первичную идентификацию отходов пластмасс.

Общие сведения

Для обеспечения и упрощения утилизации одноразовых предметов в 1988 году Обществом Пластмассовой Промышленности была разработана система маркировки для всех видов пластика и идентификационные коды. Маркировка пластика состоит из 3-х стрелок в форме треугольника, внутри которых находится число, обозначающая тип пластика. Часто при маркировке изделий под треугольником указывается буквенная маркировка (в скобках указана маркировка русскими буквами) (таблица 1).

Таблица 1 - Международные универсальные коды переработки пластмасс.

Значок	Англоязычное название	Русское название	Примечание
	PET или PETE	ПЭТ, ПЭТФ Полиэтилентерефталат	Обычно используется для производства тары для минеральной воды, безалкогольных напитков и фруктовых соков, упаковки, блистеров, обивки.
	PEHD или HDPE	ПЭНД Полиэтилен высокой плотности, полиэтилен низкого давления	Производство бутылок, фляг, полужёсткой упаковки. Считается безопасными для пищевого использования.
	PVC	ПВХ Поливинилхлорид	Используется для производства труб, трубок, садовой мебели, напольных покрытий, оконных профилей, жалюзи, изолянты, тары для моющих средств и клеёнки. Материал является потенциально опасным для пищевого использования, поскольку может содержать диоксины, бисфенол А, ртуть, кадмий.
	LDPE и PELD	ПЭВД Полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокого давления	Производство брезентов, мусорных мешков, пакетов, пленки и гибких ёмкостей. Считается безопасным для пищевого использования.
	PP	ПП Полипропилен	Используется в автомобильной промышленности (оборудование, бамперы), при изготовлении игрушек, а также в пищевой промышленности, в основном при изготовлении упаковок. Распространены

Значок	Англоязычное название	Русское название	Примечание
	PS	ПС Полистирол	Используется при изготовлении плит теплоизоляции зданий, пищевых упаковок, столовых приборов и чашек, коробок CD и прочих упаковок (пищевой плёнки и пеноматериалов), игрушек, посуды, ручек и так далее. Материал является потенциально опасным, особенно в случае горения, поскольку содержит стирол.
	OTHER или O	Прочие	К этой группе относится любой другой пластик, который не может быть включен в предыдущие группы. В основном это поликарбонат. Поликарбонат может содержать опасный для человека бисфенол А. Используется для изготовления твёрдых прозрачных изделий, как например детские рожки.

Потребители и производители упаковочных материалов периодически сталкиваются с необходимостью распознавания природы полимеров в случае отсутствия маркировки на упаковке. Хорошо известно, что основные свойства полимеров определяются молекулярной структурой, поэтому для прогнозирования свойств полимерной структуры и ее идентификации достаточно знать, какие функциональные группы входят в состав макромолекул.

Простые и быстрые способы распознавания природы полимеров основаны на том, что все они существенно отличаются по физическим и органолептическим свойствам, а также по отношению к нагреванию, характеру горения и химическим реакциям. Это обуславливает область применения полимерных пленок, существенно облегчая необходимую идентификацию

Распознавание вида пленок органолептическими методами и по их физическим свойствам

В первую очередь, полимерные пленки внимательно рассматривают, отмечая их внешние особенности и сравнивая результаты исследования с данными, приведенными в таблице 8. При этом учитывают следующие факторы:

- цвет и блеск (наименование тона и оттенка, матовый или блестящий образец), и характер поверхности (маслянистая, гладкая, шероховатая);
- прозрачность (прозрачная, полупрозрачная, непрозрачная);
- твердость, жесткость или эластичность, гибкость;
- характер шума при сминании пленки и ее стойкость к раздиру.

По оптическим свойствам, т. е. визуально, разделить между собой полимерные пленки достаточно сложно. Поэтому изучают их механические свойства. Пленки ПЭНП, ПЭВП, ПП и неориентированного ПВХ в руках легко растягиваются.

Пленки из полиамида, ацетатов целлюлозы, ориентированного ПВХ и ПС нерастяжимы.

Пленки на основе искусственных полимеров (целлофан и ацетаты целлюлозы) не стойки к раздиру, легко расщепляются в направлении, перпендикулярном их ориентации и шумят при сминании. Более стойки к раздиру полиамидные и лавсановые пленки (ПЭТФ). Они также шумят при сминании. В то же время пленки ПЭНП, пластифицированного ПВХ, ПВХ не создают шума при сминании и обладают высокой стойкостью к раздиру. Поскольку физические свойства полимерных пленок различаются весьма существенно, это позволяет использовать их в качестве тестов для распознавания типа полимера.

В значительной степени такое положение касается наиболее распространенных в упаковочных технологиях полиолефинов (ПЭНП, ПЭВП, ПП). Плотность ПЭНП, ПЭВП, ПП меньше единицы. Пленки на их основе плавают в воде, путем погружения в воду ровных полосок полимерных пленок, избегая появления пузырьков воздуха, искажающих опыт, можно сразу отделить полиолефины от иных полимеров. Практически, плотность достаточно просто определяется с помощью обычных технических весов, на одно из плеч которого подвешивается сетчатый цилиндр для пленочных образцов.

Плотность рассчитывается по соотношению:

$$\text{Плотность} = \frac{\text{масса пленки в воздухе}}{\text{масса пленки в воздухе} - \text{масса пленки в воде}}$$

Тем не менее, этот метод весьма приблизителен и обычно применяется для полимеров небольшой плотности. Для более корректного определения плотности необходимы дополнительные исследования.

Разрушающие способы определения типа пластика.

Чтобы определить тип пластика, из которого изготовлено изделие, кусочек этого материала осторожно нагревают пламенем спички. Если материал расплавится, изделие выполнено из термопластической пластмассы, если не расплавится - применена термореактивная пластмасса. Если после того, как зажженную спичку уберут, пластический материал продолжает гореть, для изготовления изделия использовались полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиметилен, органическое стекло, ацетилцеллюлоза или нитроцеллюлоза (целлулоид). Если материал не горит, изделие изготовлено из поливинилхлорида, полиамида или политетрафторэтилена.

Горючие пластики. По цвету пламени и запаху, образующемуся при горении, определяют тип пластика. Слабым синеватым пламенем горит полиэтилен. При задувании пламени чувствуется запах горящей свечи, а продукт сгорания представляет собой мягкое, жирное на ощупь вещество. То же можно сказать и о полипропилене. Полистирол при сгорании сильно чадит, при этом появляется сладковатый запах.

Ацетилцеллюлоза, которая в ненагретом состоянии представляет собой эластичное и вязкое вещество, горит некоптящим пламенем, потрескивая, распространяя запах уксуса. Потрескивая при горении, с запахом фруктов горит твердый полиметилметакрилат. Ярким сильным пламенем горит нитроцеллюлоза (целлулоид).

Негорючие пластики. После поднесения пламени к полиамиду образуются наплывы, слышится потрескивание, а обожженный образец пахнет горелой шерстью. Если нагревать в пламени образец поливинилхлорида, конец язычка пламени окрасится в зеленый цвет и распространится резкий запах, схожий с запахом соляной кислоты.

Неплавящиеся пластики. Фенопласт после удаления пламени гаснет и имеет специфический запах. Аминопласт, нагреваемый в пламени, горит коптящим пламенем, потрескивая, после удаления из пламени продолжает гореть, распространяя запах аммиака (нашатырного спирта). Полиэфир в пламени растрескивается, после задувания пламени образуется сладковатый запах, напоминающий запах фруктов. Эпоксидная смола при поднесении пламени не растрескивается, а после удаления из пламени короткое время продолжает гореть. После задувания пламени пахнет, как горелая шерсть.

Определение природы полимера термическими методами

Образец поджигают и выдерживают в пламени 5-10 секунд, фиксируя следующие свойства:

- способность к горению (горит, не горит);
- легкость воспламенения (загорается легко или с трудом);
- характер горения (горит в пламени и вне его, горит только в пламени, кратковременно вспыхивает и гаснет вне пламени и т. д.);
- цвет и характер пламени (яркое, зеленое, голубое, коптящее, с искрами, другое) о запах продуктов горения (острый, сладковатый, фенола, другое).

Характерные признаки горения наиболее отчетливо наблюдаются в момент поджигания образцов. В этот период следует быть особенно внимательным. Для установления вида образцов результаты опытов сравнивают с данными о характере поведения полимерных пленок при горении.

По характеру горения и запаху продуктов горения полиолефины напоминают парафин, так как элементарный химический состав этих веществ один и тот же, различаются они лишь размерами молекулярных цепей. Следовательно, отличить ПЭ от ПП термическими методами (так же, как и с помощью органолептических методов и физических свойств) достаточно сложно.

Это возможно только при определенном навыке по запаху продуктов горения, которые у ПП более резкие, напоминая запах жженой резины или горящего сургуча. Окончательное решение о том, из какого материала изготовлена упаковка, принимается по результатам комплексной оценки и по отношению к нагреванию, химическим реакциям.

Идентификация полимерных пленок по химическим свойствам

При затруднении в определении наименования полимера по органолептическим признакам, физическим и термическим свойствам производят дополнительные исследования пленок химическими методами. Как правило, к таким методам прибегают при арбитражных спорах, когда природу упаковки невозможно установить иным путем.

Для этого полимер могут подвергнуть термическому разложению (пиролизу), определяя в продуктах деструкции наличие характерных для данного полимера атомов (например, азота, хлора, кремния) или групп атомов (фенола, нитрогрупп и др.),

склонных к специфическим реакциям, в результате которых имеет место определенный индикаторный эффект.

Обобщая вышесказанное, дадим краткую характеристику каждого вида пластика.

ПЭВД (полиэтилен высокого давления, низкой плотности). Горит синеватым, светящимся пламенем с оплавлением и горящими потеками полимера. При горении становится прозрачным, это свойство сохраняется длительное время после гашения пламени. Горит без копоти. Горящие капли, при падении с достаточной высоты (около полутора метров), издают характерный звук. При остывании, капли полимера похожи на застывший парафин, очень мягкие, при растирании между пальцами - жирны на ощупь. Дым потухшего полиэтилена имеет запах парафина. Плотность ПЭВД: 0,91-0,92 г/см. куб.

ПЭНД (полиэтилен низкого давления, высокой плотности). Более жесткий и плотный чем ПЭВД, хрупок. Проба на горение - аналогична ПЭВД. Плотность: 0,94-0,95 г/см. куб.

ПЭСД (полиэтилен среднего давления). Самый жесткий из полиэтиленов. Плотность: 0,96-0,97 г/см. куб.

Все виды полиэтилена размягчаются при помещении в кипящую воду. При комнатной температуре не растворимы в органических растворителях. При температуре 100 градусов Цельсия и выше, полностью растворяются в бензоле. Плавают в воде.

Пенополиэтилен. Губчатая масса белого цвета. Свойства при горении, см. ПЭВД.

Полипропилен (ПП). При внесении в пламя полипропилен горит ярко светящимся пламенем. Горение аналогично горению ПЭВД, но запах более острый и сладковатый. При горении образуются потеки полимера. В расплавленном виде - прозрачен, при остывании - мутнеет. Если коснуться расплава спичкой, то можно вытянуть длинную, достаточно прочную нить. Капли остывшего расплава жестче, чем у ПЭВД, твердым предметом давятся с хрустом. Дым с острым запахом жженой резины, сургуча. Плотность полипропилена: 0,9-0,91 г/см.куб. т.е он легче ПЭВД и также плавает в воде.

Полиэтилентерафталат (ПЭТФ). Прочный, жесткий и легкий материал. Плотность ПЭТФ составляет 1,36 г/см.куб. Обладает хорошей термостойкостью (сопротивление термодеструкции) в диапазоне температур от - 40° до + 200°. ПЭТФ устойчив к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. При горении сильно коптящее пламя. При удалении из пламени самозатухает.

Полистирол. При сгибании полоски полистирола легко гнется, потом резко ломается с характерным треском. На изломе наблюдается мелкозернистая структура. Горит ярким, сильно коптящим пламенем (хлопья копоти тонкими паутинками взмывают вверх!). Запах сладковатый, цветочный. Полистирол хорошо растворяется в органических растворителях (стирол, ацетон, бензол). Плотность полистирола: от 1,05 до 1,08 г/см. куб. (тонет в воде!).

Пенополистирол (пенопласт). Легкий, пористый материал белого цвета. Один из лучших и доступных тепло-звукоизоляционных материалов. Объемная масса: 0,01-0,1 г/см. куб. Проба на горение аналогична полистиролу. Легко растворяется в ацетоне.

Поливинилхлорид (ПВХ). Эластичен. Трудногорюч (при удалении из пламени самозатухает). При горении сильно коптит, в основании пламени можно наблюдать яркое голубовато-зеленое свечение. Очень резкий, острый запах дыма. При сгорании образуется черное, угледобное вещество (легко растирается между пальцами в сажу). Растворим в четыреххлористом углероде, дихлорэтане. Плотность: 1,38-1,45 г/см. куб. ПВХ можно отличить по признакам:

- при сгибании на линии сгиба появляется белая полоса;
- бутылки из ПВХ бывают синего или голубого цвета;
- шов на дне бутылки имеет два симметричных наплыва.

Полиметакрилат (органическое стекло, ПММА). Прозрачный, хрупкий материал. Горит синевато-светящимся пламенем с легким потрескиванием. У дыма острый фруктовый запах (эфира). Легко растворяется в дихлорэтане.

Полиамид (ПА). Материал имеет отличную масло-бензостойкость и стойкость к углеводородным продуктам, которые обеспечивают широкое применение ПА в автомобильной и нефтедобывающей промышленности (изготовление шестерен, искусственных волокон). Полиамид отличается сравнительно высоким влагопоглощением, которое ограничивает его применение во влажных средах для изготовления ответственных изделий. Горит голубоватым пламенем. При горении разбухает, "пшикает", образует горящие потеки. Дым с запахом паленого волоса. Застывшие капли очень твердые и хрупкие. Полиамиды растворимы в растворе фенола, концентрированной серной кислоте. Плотность: 1,1-1,13 г/см. куб. Тонет в воде.

Полиуретан. Основная область применения - подошвы для обуви. Очень гибкий и эластичный материал (при комнатной температуре). На морозе - хрупок. Горит коптящим, светящимся пламенем. У основания пламя голубое. При горении образуются горящие капли-потеки. После остывания эти капли - липкое, жирное на ощупь вещество. Полиуретан растворим в ледяной уксусной кислоте.

Пластик АВС. Все свойства по горению аналогичны полистиролу. От полистирола достаточно сложно отличить. Пластик АВС более прочный, жесткий и вязкий. В отличие от полистирола более устойчив к бензину.

Фторопласт-3. Применяется в виде суспензий для нанесения антикоррозийных покрытий. Не горюч, при сильном нагревании обугливается. При удалении из пламени сразу затухает. Плотность: 2,09-2,16 г/см.куб.

Фторопласт-4. Материал с гладкой, скользкой поверхностью. Один из лучших диэлектриков. Не горюч, при сильном нагревании плавится. Не растворяется практически ни в одном растворителе. Самый стойкий из всех известных материалов. Плотность: 2,12-2,28 г/см.куб. (зависит от степени кристалличности - 40-89%). По органолептическим свойствам очень похож на сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Но в отличие от него сразу тонет в воде из-за большой плотности.

Сводная характеристика свойств пластиков приведена в таблице 2.

Полученные результаты оформляются в таблицу, аналогичную таблице 2.

Таблица 2 - Сводная характеристика свойств пластиков.

№	Вид полимера, пластика	Поведение при нагревании	Характер горения	Запах продукта	Растворимость в агрессивных средах	Примечание
1	АБС пластик (АБС-ABS)	Сильно коптит - хлопья копоти взмывают вверх	Горит ярким оранжево-желтым пламенем	Сладковатый, цветочный, жженой резины	Растворяется в растворителях (ацетон, бензол). Удовлетворительная устойчивость к бензину	При сгибании легко гнется. Ломается с резким треском
2	Полистирол и сополимеры стирола (ПС, САН-PS, SAN)	Размягчается, вытягивается в нити	Пламя ярко-желтое коптящее, аналогично АБС	Сладковатый, цветочный	Растворяется в растворителях (ацетон, бензол). Плохая устойчивость к бензину	На изломе наблюдается мелкозернистая структура
3	Поликарбонат (РС-ПК)	Размягчается, плавится	Загорается с трудом, гаснет после вынесения из пламени, размягчается, коптит, горит желтым светящимся дрожащим пламенем	Сильный цветочно-плодовый	Не высокая стойкость к органическим растворителям	-
4	Полиметилметакрилат (ПММА-РММА)	Размягчается, плавится	Горит синевато-светящимся пламенем с легким потрескиванием, коптит	Острый фруктовый запах (эфира)	Легко растворяется в дихлорэтаноле	Прозрачный, хрупкий
5	Полиэтилен (ПЭ-РЕ)	Размягчается, плавится	Горит спокойным синеватым пламенем с желтой верхушкой, с подтеканьем полимера, мало дыма	Горящей парафиновой свечи	При комнатной температуре не растворим в органических растворителях	Достаточно жесткий, плавает в воде
6	Полипропилен (ПП-РР)	Оплавленияется и течет, становится	Ярко синеватое светящееся пламя	Острый и сладковатый, горящего	Размягчается в кипящей воде	Плавает в воде

№	Вид полимера, пластика	Поведение при нагревании	Характер горения	Запах продукта	Растворимость в агрессивных средах	Примечание
		прозрачным, а при остывании мутнеет		сургуча или парафина		
7	Поливинилхлорид (ПВХ-PVC)	Трудногорюч, при вынесении из пламени гаснет	Яркая голубовато-зеленоватая окраска у основания пламени пластикат коптит и при вынесении из пламени продолжает гореть	Очень резкий (хлористого водорода)	Растворим в дихлорэтанае	Эластичен
8	Полиамиды (ПА-РА)	Разбухает, "пшикает", вытягивается в нити из расплава	Пламя голубое, горит при удалении из пламени	Горелых овощей, жженой кости или волоса	Хорошая стойкость к нефтепродуктам. Растворим в серной кислоте	Высокое влагопоглощение
9	Полиуретан (ПУ-TPU)	Темнеет, коптит, стекает жирными каплями	Пламя светящееся желтоватое, у основания голубое	Острый миндальный	Растворим в ледяной уксусной кислоте	Очень гибкий и эластичный материал, на морозе - хрупок

Данный метод нужно считать условным, так как образец может содержать добавки, меняющее структуру, цвет и запах полимера при горении.

Контрольные вопросы.

1. Какие виды пластика вы знаете?
2. Каким образом маркируются отходы пластмасс по видам?
3. Почему важно наносить на изделия из пластмасс и маркировку с указанием типа пластика?
4. Какие методы используются для идентификации пластмасс?

Практическая работа №7

Расчет полигона размещения отходов производства

Цель работы: изучить устройство полигона, рассчитать мощность и площадь полигона ТБО (одна карта) для условного населенного пункта, количество образующегося биогаза. Получить практические навыки определения основных показателей полигонов твёрдых бытовых отходов, характеризующих степень из воздействия на окружающую среду.

Общие сведения

В Республике Беларусь ежегодно образуется более 1,5 млн. т отходов потребления. Большая часть (60-70%) твердых бытовых отходов (далее – ТБО) захораниваются на полигонах, которые занимают большие площади. В РБ всего насчитывается около 200 полигонов ТБО. Суммарная площадь земельных отводов для размещения полигонов составляет около 890 га, 60 % которой уже занято отходами. Многие из действующих полигонов не удовлетворяют природоохранным, санитарным и другим требованиям Республики Беларусь. Несмотря на то, что в стране действует программа по рекультивации мини-полигонов, этот способ конечного обращения с отходами занимает первое место.

Методика расчета.

Расчет полигона проводится в три этапа.

1. *Определение общей вместимости полигона ТБО на весь срок его эксплуатации.*

Для этого необходимы следующие данные:

- расчетный срок эксплуатации полигона T , лет;
- удельная норма образования отходов на одного человека в год, U_1 , м³/челгод; в среднем для Беларуси $U_1=1,1$ м³/челгод;
- скорость ежегодного прироста удельной нормы U , % (принимаем $U=1,8\%$);
- численность населения города на момент проектирования полигона N_1 , чел.;
- прогнозируемая численность населения города через T лет – N_2 , чел;
- ориентировочная высота «холма» ТБО на полигоне, $H_{п}^1$, м.

1. Определение удельной нормы образования U_2 (м³/челгод) отходов через T лет:

$$U_2=U_1 \cdot (1 + U/100)^T.$$

2. Общая вместимость полигона E_T , м³:

$$E_T = \frac{U_1+U_2}{2} \cdot \frac{N_1+N_2}{2} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot T,$$

где N_1, N_2 – численность населения на момент ввода полигона в эксплуатацию и спустя время T , чел; K_1 – коэффициент уплотнения ТБО за весь период T ; K_2 – объем изолирующих слоев грунта; T - период эксплуатации полигона до его закрытия, лет. K_1 и K_2 определяют по таблицам 9 и 10 в зависимости от ориентировочной высоты «холма» полигона ТБО $H_{п}^1$ (м).

Таблица 1 – Значения коэффициента K_1 .

Масса бульдозера, т	$H_{п1}$, м	K_1
14	10	3,7
14	10-30	4
20-25	Более 30	4,5

Таблица 2 – Значения коэффициента K_2 .

$H_{п1}$, м	<5	5-7	7,1-9	9,1-12	12,1-15	15,1-39	40-50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,24	1,2	1,18	1,16

2. Определение площади полигона.

Основание полигона (или рабочей карты на полигоне) принимаем в виде прямоугольника, а форму «холма» отходов - в виде усеченной пирамиды.

Из объема пирамиды ($V = SH/3$) определяют ее основание (площадь участка складирования ТБО) S , m^2 :

$$S_{yc} = 3 \cdot V / H = 3 \cdot E_T / H_{п1}$$

2. Вокруг участка складирования отходов должны быть свободная площадь для движения и работы транспорта, механизмов, обслуживающего персонала и подъездных дорог. Поэтому необходимая под полигон площадь $S_{п}$ (m^2) должна быть больше участка складирования S_{yc} для размещения вспомогательной зоны $S_{доп}$ (принимаем $S_{доп} = 0,6$ га) и проездных дорог (коэффициент 1,1):

$$S_{п} = 1,1 \cdot S + S_{доп}$$

3. Уточнение высоты «холма» ТБО и расчет параметров котловины.

Практика показывает, что грунт для изолирующих промежуточных слоев, а в будущем для рекультивационного (верхнего) слоя при закрытии свалки экономически целесообразно заготавливать из котлована под основание участка складирования ТБО.

1. Холм полигона имеет вид усеченной пирамиды. Объем усеченной пирамиды V , m^3 («холма» ТБО) можно определить по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \cdot (S_{yc} + S_{в} + \sqrt{S_{н} \cdot S_{в}}) \cdot H_{п}$$

где $S_{н}$, $S_{в}$ - площадь нижнего и верхнего основания пирамиды, m^2 ; H - высота пирамиды, м.

Таким образом, общая вместимость полигона E_T , m^3 :

$$E_T = 1/3 (S_{yc} + S_{в} + \sqrt{S_{yc} \cdot S_{в}}) \cdot H_{п}$$

Отсюда, уточняем высоту полигона $H_{п}$, м:

$$H_{п} = \frac{3 \cdot E_T}{(S + S_{в} + \sqrt{S \cdot S_{в}})}$$

Площадь верхнего основания холма полигона представляет форму квадрата. Принимаем $S_{в} = 40 \times 40 m^2$.

2. Определяют требуемый объем грунта V_r , m^3 :

$$V_{\Gamma} = E_{\Gamma} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_2}\right)$$

3. Глубина котлована H_K (м) с учетом откосов (коэффициент 1,1) равна:

$$H_K = 1,1 \cdot \frac{V_{\Gamma}}{S_{\text{вс}}}$$

4. Оценивают верхнюю отметку полигона ТБО $H_{\text{во}}$, м:

$$H_{\text{во}} = H_{\text{п}} - H_K + 1.$$

Высоту наружного изолирующего слоя грунта принимают равным 1 м, что учтено в предыдущей формуле.

Исходные данные для индивидуального расчета приведены в таблице 3. Отчеты по выполненным работам необходимо представить по форме, приведенной в таблице 4.

Таблица 3 - Исходные данные (варианты)

№ вар.	T, лет	N1, чел	N2, чел	Hп ¹ , м
1	20	350 000	500 000	20
2	20	1 300 000	2 000 000	40
3	25	280 000	450 000	25
4	18	630 000	1 000 000	30
5	22	410 000	800 000	30
6	25	250 000	520 000	20
7	20	1 100 000	1 800 000	35
8	18	800 000	1 100 000	30
9	19	425 000	630 000	30
10	22	370 000	530 000	30
11	23	1 600 000	2 200 000	40
12	25	1 025 000	1 500 000	40
13	20	220 000	390 000	20
14	18	420 000	610 000	25
15	18	550 000	950 000	25
16	22	1 310 000	2 000 000	40
17	22	355 000	940 000	20
18	25	820 000	1 300 000	30
19	20	225 000	475 000	20
20	18	510 000	975 000	25
21	20	1 400 000	1 900 000	40
22	23	345 000	420 000	20
23	22	660 000	1 400 000	25
24	25	1 250 000	2 300 000	40
25	25	440 000	710 000	25

Таблица 4 – Форма представления отчета

№ вар.	$E_T, \text{ м}^3$	$S, \text{ м}^2$	$S_{\text{п}}, \text{ м}^2$	$H_{\text{п}}, \text{ м}$	$V_{\text{г}}, \text{ м}^3$	$H_{\text{ВО}}, \text{ м}$

Оценка количества биогаза, образующегося на полигоне

Любой полигон твердых бытовых отходов (ТБО) представляет собой большой биохимический реактор, в недрах которого в процессе эксплуатации, а также в течение нескольких десятилетий после закрытия в результате анаэробного разложения отходов растительного и животного происхождения образуется биогаз. Биогаз, или как его иногда называют, свалочный газ, представляет собой смесь метана и углекислого газа примерно в равной пропорции. Примеси других газов незначительны и обычно не превышают 1%.

Биогаз неизбежно попадает в атмосферу, что вызывает ряд негативных последствий. Известно много случаев отравления при техническом обслуживании углубленных инженерных коммуникаций. Накопление газа в теле свалки зачастую вызывает самовозгорание ТБО. Процесс горения сопровождается образованием токсичных веществ, в частности, диоксинов. В последнее время особую актуальность приобрели парниковые свойства метана, содержащегося в биогазе, в связи с проблемой потепления земного климата.

Системы сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО получили широкое распространение в мире. По данным европейской биогазовой ассоциации количество таких систем в 2002 году составляло: в Германии – 409, Италии – 89, Швеции – 83, Дании – 17. В США существует около тысячи полигонов, на которых биогаз собирается и сжигается в факеле. Примерно третья часть этих полигонов использует биогаз для получения тепловой или электрической энергии. Наличие системы сбора и утилизации биогаза является обязательным требованием при строительстве полигонов ТБО в большинстве развитых стран мира.

Первичная оценка количества биогаза, образующегося на полигоне, проводится с помощью следующей формулы:

$$Q = L_0 R (k_c - k_t),$$

где:

Q - Количество метана, образующегося в течение года ($\text{м}^3/\text{год}$);

L_0 - Потенциал образования метана ($\text{м}^3/\text{т}$ ТБО), $L_0 = 125 \text{ м}^3/\text{т}$;

R - Среднее количество вывозимых ТБО ($\text{т}/\text{год}$);

k - Постоянная образования метана ($1/\text{год}$), $k = 0.04$;

c - Время с момента закрытия полигона (лет);

t - Время с момента открытия полигона (лет);

Для того чтобы оценить возможное количество собранного биогаза, необходимо принять во внимание, что система сбора биогаза будет покрывать 80% площади полигона, а эффективность сбора биогаза отдельной скважиной составит 75%. Стоимость 1 калории тепла, полученной при сжигании биогаза, составляет 90% от стоимости калории, полученной при сжигании природного газа.

К достоинствам данного метода относится уменьшение эмиссии парниковых газов, выраженное в тоннах CO₂-эквивалента, за счет уменьшения поступления метана в атмосферу и замещения использования природного газа для производства тепла и электроэнергии.

Индивидуальное задание.

1. Используя исходные данные, приведенные в таблице 5, рассчитать мощность полигона ТБО для данного населенного пункта и его площадь. Результаты расчетов оформить в виде таблицы 6.

2. Рассчитать количество биогаза, который можно собирать с данного полигона через 5 лет после его закрытия. Результаты расчетов оформить в виде таблицы 6.

Таблица 5 – Исходные данные для расчета.

№ варианта	Численность обслуживаемого региона, чел.	Расчетный срок эксплуатации, лет	Проектируемая высота полигона, м	Годовая удельная норма накопления ТБО, м ³ /чел
1	250 000	15	35	1,1
2	100 000	16	40	1,3
3	150 000	15	30	1,5
4	200 000	17	40	1,1
5	250 000	15	50	1,1
6	300 000	19	40	1,3
7	350 000	15	50	1,5
8	400 000	18	20	1,1
9	150 000	15	35	1,1
10	225 000	17	45	1,3
11	345 500	16	40	1,5
12	276 000	19	30	1,1
13	265 000	20	50	1,1
14	297 000	15	20	1,3
15	175 000	15	30	1,5
16	200 500	20	40	1,1
17	100 000	15	35	1,4
18	155 000	20	45	1,3
19	122 000	20	25	1,5
20	225 000	20	30	1,1
21	223 000	18	50	1,1
22	273 500	15	50	1,3
23	244 000	19	40	1,5
24	294 500	20	40	1,1
25	265 000	20	35	1,4
26	355 000	17	40	1,4
27	196 000	18	50	1,4
28	165 000	20	20	1,4
29	270 000	20	30	1,3
30	197 500	20	30	1,2

Таблица 6 – Результаты расчета.

№ варианта	Вместимость полигона, м ³ /год	Площадь полигона, м ²	Первичная оценка количества биогаза, м ³ /год	Количества биогаза, м ³ /год

Контрольные вопросы

1. Какое место в иерархии методов обращения с отходами занимает захоронение отходов?
2. Перечислите основные проблемы, связанные с захоронением отходов на полигонах.
3. Какие требования есть к полигонам?
Какие альтернативные захоронению методы вы можете назвать?

РАЗДЕЛ III ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Понятие отходов. Виды отходов. Классификация отходов.
2. Понятие «обращение с отходами». Основные принципы и требования к организации обращения с отходами.
3. Цели, порядок и документация по проведению инвентаризации образующихся отходов.
4. Цели, порядок ведения учета образующихся отходов на предприятии.
5. Цели, форма, содержание и порядок ведения статистической отчетности в области обращения с отходами на предприятии.
6. Степень опасности, классы опасности отходов – критерии, порядок установления и документация.
7. Цели и порядок разработки нормативов образования отходов.
9. Инструкция по обращению с отходами производства – содержание.
10. Цели, виды и порядок получения разрешений на хранение и (или) захоронение отходов.
11. Порядок приостановления и отмены действия разрешений на хранение и (или) захоронение отходов.
12. Перевозка отходов. Документация на перевозку отходов.
13. Организация сбора отходов на предприятии.
14. Объекты хранения, захоронения, обезвреживания и переработки отходов – эксплуатация, регистрация и организация работы.
16. Способы механической переработки отходов. Особенности применения механических способов для переработки отходов.
17. Дробление отходов. Оборудование для дробления отходов.
18. Измельчение отходов. Оборудование для измельчения отходов.
19. Методы и основное оборудование для классификации отходов.
20. Организация и эксплуатация полигонов для захоронения отходов.
21. Пиролиз и газификация отходов.
22. Переплавка и обжиг отходов.
23. Сжигание отходов.
24. Обогащение отходов.
25. Магнитные методы обработки отходов.
26. Электрические методы обогащения.
27. Цели и виды компостирования отходов. Особенности компостирования отходов.
28. Способы и требования к сбору и переработке отработанных масел.
30. Способы и требования к сбору и переработке СОЖ.
31. Способы и требования к сбору и переработке лома и отходов черных и цветных металлов.
32. Способы и требования к сбору и переработке пластика.
33. Способы и требования к сбору и переработке кислотных аккумуляторных батарей.
34. Способы и требования к сбору и обезвреживанию ртутьсодержащих отходов.

35. Способы и требования к сбору и переработке отработанных шин.
37. Медицинские отходы. Способы и требования к сбору и переработке.
38. Основные принципы государственной политики РБ в области обращения с отходами.
39. Образование отходов в РБ – виды, количество, особенности.
40. Экономические инструменты в области обращения с отходами.
41. Расширенная ответственность производителя. Виды и примеры внедрения.
42. Инструкция по обращению с отходами производства – содержание.

РАЗДЕЛ IV. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Знания, навыки и умения, полученные студентами, обучающимися по специальности 1-57 01 02 «Экологический менеджмент и аудит в промышленности», при изучении дисциплины «Комплексное управление отходами» в значительной степени определяют уровень их профессиональной компетентности как будущих инженеров. Курсовое проектирование представляет собой вид учебного процесса, результатом которого является курсовая работа, предусмотренная учебным планом и выполняемая студентом самостоятельно под руководством преподавателя с целью закрепления пройденного теоретического материала и в значительной степени определяет формирование технологической составляющей квалификации будущих инженеров.

Целями курсового проектирования являются:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по дисциплине «Комплексное управление отходами» и их применение при решении конкретных научных, и природоохранных задач;
- получение навыков ведения самостоятельной работы и овладение методами исследования и экспериментирования, а также применения комплексного технологических, конструктивных и управленческих решений относительно прорабатываемых в проекте проблем и вопросов с учетом обеспечения минимизации образования отходов, обеспечения экологической безопасности при организации обращения с отходами и обеспечения рециклинга отходов.

При выполнении курсовой работы следует руководствоваться специальной литературой (учебниками, учебными пособиями), технической литературой, периодическими изданиями не старше семи лет, техническими нормативными правовыми актами, патентами и т.п.

Ответственность за принятые в курсовой работе решения, качество исполнения графической части и пояснительной записки несет автор курсовой работы – студент. Руководитель курсового проектирования несет ответственность за организацию и обеспеченность процесса проектирования, полноту решения поставленных перед студентом задач, обеспечение контроля ритмичности работы, своевременности завершения ее этапов, соответствие принимаемых инженерных решений уровню развития и современному состоянию отраслей.

Тематика курсового проектирования

Темы курсовых работ разрабатываются преподавателем дисциплины в соответствии с содержанием учебного плана, отвечают современному состоянию проблем обращения с отходами и перспективам их решения и утверждаются на заседании кафедры.

Студентам темы выдаются по процессам, изученным при прохождении практики, по порядковым номерам в журнале, либо по их желанию. Примерный перечень тем курсовых работ представлен в приложении.

В соответствии с выбранной темой руководитель курсовой работы выдает студенту задание к курсовой работе. Задание выдается в сроки, установленные

кафедрой в соответствии с учебным планом. Выдача заданий студентам должна производиться персонально и, как правило, с соответствующими пояснениями всей группе одновременно. Задание должно быть подписано студентом и руководителем курсового проектирования и утверждено заведующим кафедрой.

Содержание курсовой работы

Оформление курсовой работы осуществляется в соответствии с требованиями Инструкции о порядке организации, проведения дипломного проектирования и требования к дипломным проектам (дипломным работам), их содержанию и оформлению, обязанности руководителя, консультанта, рецензента дипломного проекта (дипломной работы) (утверждена приказом БНТУ от 27.01.2014г. №105 (с изменениями от 09.03.2015 № 395)).

Рекомендуется следующий порядок расположения документов при сдаче курсовой работы:

- титульный лист;
- задание к курсовой работе;
- ПЗ (должна быть сброшюрована в папке или скоросшивателе формата А4).

Пояснительная записка.

Пояснительная записка должна полностью раскрывать тему курсовой работы и четко обозначать полученные результаты.

Текст записки излагается от третьего лица в изъявительном наклонении с употреблением глаголов неопределенной формы, например: «требования к установке приводятся в...», «в данном разделе рассматриваются...», «выбор оборудования проводился на основании...».

Объем ПЗ составляет 30–40 листов. Пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- задание к курсовому проектированию;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

Введение.

Введение должно содержать обоснование актуальности разрабатываемой темы, оценку современного состояния решаемой проблемы, цель и задачи курсовой работы, краткое изложение ожидаемых результатов работы.

Основная часть.

Основная часть включает в себя следующие разделы:

1. Описание источников образования отходов.
2. Определение состава отходов.

3. Определение степени и класса опасности отходов.
4. Описание воздействия отходов на окружающую среду и человека.
5. Расчет норматива образования отходов.
6. Анализ методов переработки отходов.
7. Разработка комплексных мероприятий по обращению с отходами.
8. Разработка мероприятий по снижению (предотвращению) образования отходов.

Допускается также иное содержание разделов курсовой работы, иное количество и название разделов и иной порядок расположения материала по согласованию с руководителем и при условии, что они будут более подробно раскрывать тему.

Раздел 1. Описание источников образования отходов.

В данном разделе приводится информация о технологическом процессе, операции, виде деятельности, в результате которых образуются исследуемые виды отходов.

Раздел 2. Определение состава отходов.

В данном разделе приводятся данные по результатам анализа морфологического и химического состава отходов. По классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь (далее – Классификатор), определяется вид отхода и его код. Полученные данные заносятся в таблицу «Морфологический и химический состав отхода» (таблица 1).

Таблица 1 – Морфологический и химический состав отхода (указать наименование отхода по заданию).

Вид отхода: Провод самонесущий изолированный алюминиевый Код вида отхода по Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь: 3530413	
Наименование компонента	Содержание, %
Морфологический состав	
Алюминий	55
Полимерный материал	45
Химический состав	
Алюминий	55
Поливинилхлорид	45
Источники информации Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектростанций, теплоэлектроцентралей, промышленных и отопительных котельных. – СПб., 1998.	

Раздел 3. Определение степени и класса опасности отходов.

В разделе необходимо проанализировать опасные свойства отходов и рассчитать класс их опасности, сравнить полученные данные с Классификатором отходов.

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства необходимо для определения и предотвращения вредного воздействия опасных отходов на окружающую среду, здоровье граждан, имущество и организации безопасного обращения с опасными отходами (хранения, захоронения, использования, обезвреживания и транспортировки).

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства осуществляется на основании перечня опасных для окружающей среды, здоровья граждан и имущества свойств отходов.

Опасные отходы классифицируются по классам опасности:

- первый класс опасности - чрезвычайно опасные;
- второй класс опасности - высокоопасные;
- третий класс опасности - умеренно опасные;
- четвертый класс опасности - малоопасные.

Установление степени опасности отходов и класса опасности отходов осуществляется на основании определения опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов (токсичность, патогенность, взрывоопасность, пожароопасность, высокая реакционная способность, способность при обезвреживании образовывать стойкие органические загрязнители) и иных опасных свойств отходов исходя из определенного в предыдущем разделе состава отходов. Отнесение отходов к классу опасности для окружающей среды (ОС) осуществляется расчетным методом.

Исходя из данных приложения для каждого показателя анализируемого компонента отходов в графе 5 таблицы 4 проставляют балл токсичности от 1 до 4. Для определения индекса токсичности компонента отходов используют не более 12 параметров из приведенных в таблице 1 на стр. 267. Приоритетность выбора 12 показателей из большего числа определяется их порядковым номером в приложении Д. Показатели с порядковыми номерами 13–23 используют для расчета класса токсичности в том случае, если информация по показателям 1–12 отсутствует. Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле

$$\text{ПНО} = \pi/N,$$

где π – число установленных показателей;

N – количество наиболее значимых первичных показателей опасности компонентов отхода для ОС (равно 12).

Баллы присваиваются следующим диапазонам изменения показателя информационного обеспечения (таблица 2).

По установленным степеням опасности компонентов отхода для ОС в различных природных средах рассчитывается относительный параметр опасности компонента отхода для ОС (X_i): сумма баллов по всем параметрам делится на число этих параметров.

Таблица 2 - Диапазон изменения показателя информационного обеспечения.

Диапазоны изменения показателя информационного обеспечения (n/N)	Балл
< 0,5 (n < 6)	1
0,5–0,7 (n = 6–8)	2
0,71–0,9 (n = 9–10)	3

Затем рассчитывается коэффициент Z_i по формуле

$$Z_i = 4X/(3-1/3).$$

Коэффициент степени опасности i -го компонента опасного для ОС отхода W_i (мг/кг) рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\lg W_i = 4 - 4/Z_i \text{ для } 1 < Z_i < 2;$$

$$\lg W_i = Z_i \text{ для } 2 < Z_i < 4;$$

$$\lg W_i = 2 + 4/(6 - Z_i) \text{ для } 4 < Z_i < 5.$$

Показатель степени опасности компонента отхода для ОС K_i рассчитывается по формуле

$$K_i = C_i/W_i,$$

где C_i – концентрация i -го компонента в опасном отходе (мг/кг отхода).

Показатель степени опасности отхода для ОС K рассчитывают по следующей формуле:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_T,$$

где K – показатель степени опасности отхода для ОС;

K_1, K_2, \dots, K_T – показатели степени опасности отдельных компонентов опасного для ОС отхода.

В перечень показателей, используемых для расчета, включается показатель информационного обеспечения ПИО для учета недостатка информации по первичным показателям степени опасности компонентов отхода для ОС. Показатель информационного обеспечения рассчитывается по ранее приведенной формуле.

Отнесение отходов к классу опасности расчетным методом по показателю степени опасности отхода для ОС осуществляется в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Определение класса опасности отхода по его степени опасности

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОС (K)
I	$106 \geq K > 104$
II	$104 \geq K > 103$
III	$103 \geq K > 102$
IV	$102 \geq K > 10$

Полученные данные заносятся в таблицы 4, 5.

Таблица 4 – Состав отходов и токсичность его компонентов

Наименование компонента отходов	Концентрация, C_i , мг/кг	Параметры, на основании которых определен индекс токсичности компонента отходов				Обозначение документа, из которого взята характеристика
		Индекс токсичности K_i	Наименование и единица измерения	Значение	Балл токсичности	
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 5 – Результаты расчета по компонентам отхода

Вид отхода: _____

Опасные свойства отхода: _____

Компонент	Сод., %	C_i (мг/кг)	X_i	Z_i	lgW_i	W_i (мг/кг)	K_i
Алюминий	40,00	$4 \cdot 10^5$	4,00	5,00	6,00	1000000,00	0,400
Пластмасса (ПВХ)	60,00	$6 \cdot 10^5$	4,00	5,00	6,00	1000000,00	0,600
Суммарный %	100,00						
Показатель K степени опасности отхода				1,000			
Класс опасности отхода по расчетам				«неопасный»			
Класс опасности отхода по Классификатору				«неопасный»			

Раздел 4. Описание воздействия отходов на окружающую среду и человека.

В данном разделе в соответствии с полученными данными по составу отходов и их опасности для ОС дается характеристика воздействия компонентов отходов на атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почву и человека при их неорганизованном хранении (захоронении).

Раздел 5. Расчет норматива образования отходов.

Нормативы образования отходов производства разрабатываются для отходов производства, подлежащих захоронению на объектах захоронения отходов и (или) хранению на объектах хранения отходов, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

Для расчета нормативов образования отходов используются различные методы и, соответственно, разные единицы их измерения.

В соответствии с технологическими особенностями производства нормативы образования отходов определяются в единицах массы (объема) либо в процентах от количества используемого сырья, материалов или от количества производимой продукции.

Нормативы образования отходов, оцениваемые в процентах, определяются по тем видам отходов, которые имеют те же физикохимические свойства, что и первичное сырье. Нормативы образования отходов с измененными по сравнению с первичным сырьем характеристиками предпочтительно представлять в следующих единицах измерения: кг/т, кг/м, м /тыс. м и т.д.

При определении нормативов образования отходов применяются следующие методы:

1) метод расчета по материально-сырьевому балансу (применяется в случае отсутствия отраслевых норм расхода сырья и образования отходов путем составления баланса входящих в производственный процесс и выходящих из него потоков, экспериментальным или статистическим методом);

2) метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов (осуществляется путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли либо посредством расчета средних удельных показателей на основе анализа отчетной информации за определенный (базовый) период; выделения важнейших (экспертно устанавливаемых) нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов на планируемый период).

При расчетах используют конструкторско-технологическую документацию (технологические карты, рецептуры, регламенты, рабочие чертежи) на производство продукции, при котором образуются отходы.

На основе такой документации в соответствии с установленными нормами расхода сырья (материалов) рассчитывается норматив образования отходов (H_0) как разность между нормой расхода сырья (материалов) на единицу продукции и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья.

Расчет осуществляется по формуле

$$H_0 = N(1 - K_n) - P - H_n,$$

где N – норма расхода сырья (материалов) на единицу продукции, т;

P – расход сырья (материалов), необходимого для осуществления производственного процесса (работы), т;

H_n – неизбежные безвозвратные потери сырья (материалов) в процессе производства, т;

$K_n = H_n/N$ – коэффициент неизбежных потерь сырья (материалов).

Норматив образования отходов в процентах или как коэффициент выхода вторичного сырья (H'_0) определяется по формуле

$$H'_0 = (1 - K_n - K_{исп}) \cdot 100 \%,$$

где $K_{исп}$ – коэффициент использования сырья (материалов) при производстве продукции:

$$K_{исп} = P/N.$$

При отсутствии отраслевых нормативов применяется экспериментальный метод, который используется для технологических процессов, допускающих определенный диапазон изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой, микробиологической и других отраслях промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических расчетов. Метод заключается в определении нормативов образования отходов на основе проведения опытных измерений в производственных условиях. Первоначально на основе статистической обработки измерений массы полезного продукта, получаемого из единицы массы сырья (материалов), определяется показатель, характеризующий долю полезного продукта в единице сырья (в %) ($C_{п.п}$). Исходя из значения этого показателя и

данных о массе извлеченного из сырья полезного продукта ($M_{п.п}$) определяется масса образования отходов (V_0) по формуле

$$V_0 = M_{п.п}(100 - C)/C.$$

Норматив образования отхода на единицу произведенной продукции (H''_0) рассчитывается по формуле

$$H''_0 = V_0/Q_{пр},$$

где $Q_{пр}$ – количество продукции, при производстве которой образуется отход. Расчет по фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных работ получил название «статистический метод».

Метод применяется для определения нормативов образования отходов на основе статистической обработки информации за базовый (3-летний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости производимой продукции. Нормативы образования отходов (H'') статистическим методом определяются по формуле

$$H'' = V_{о.п}/N_{п}K_{м},$$

где H'' – масса отходов, т;

$N_{п}$ – количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;

$K_{м}$ – коэффициент перевода единицы измерения количества изделий (материалов) в единицу массы.

Коэффициент $K_{м}$ применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д.

На производствах с неустойчивыми регламентами технологических процессов, где нормативы образования отходов непосредственно не связаны с единицей производимой продукции, они определяются статистическим методом по формуле

$$H'''_0 = V_0/Q_c,$$

где H'''_0 – норматив образования отходов на единицу перерабатываемого сырья и материалов;

V_0 – масса образования отходов за рассматриваемый период (в массу образования отходов включается только текущий выход отходов);

Q_c – масса перерабатываемого сырья и материалов при производстве продукции.

Статистические данные обрабатываются за последние три года с последующей корректировкой удельных показателей на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производственного процесса. При расчете нормативов образования отходов потребления основными методами являются экспериментальный и статистический. Норматив образования отхода потребления ($H_{о.п}$) на основе коэффициента износа изделия, учитывающего изменение массы единицы изделия до и после его эксплуатации, определяется по формуле

$$H_{о.п} = 1 - K_{из},$$

где $K_{из}$ – коэффициент износа изделия (потери веса в эксплуатации):

$$K_{из} = \frac{M_{пер} - M_{из}}{M_{пер}},$$

где $M_{\text{пер}}$, $M_{\text{из}}$ – соответственно первоначальная и остаточная масса эксплуатируемого изделия.

Средневзвешенный норматив образования отхода потребления $H'_{\text{о.п}}$ определяется по формуле

$$H'_{\text{о.п}} = \frac{\sum_{i=1}^m M_{\text{из } i} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^m M_{\text{пер } i} \cdot q_i},$$

где i – индекс вида изделия, входящего в группу однотипных изделий ($i = 1, 2, \dots, m$);

$M_{\text{из}}$ – масса среднего изношенного изделия;

$M_{\text{пер}}$ – первоначальная масса среднего изделия.

$M_{\text{из } i}$ – определяется экспериментальным путем на основе взвешивания изношенных за год изделий.

Нормативы образования отходов производственного потребления ($H''_{\text{о.п}}$) определяются статистическим методом по формуле

$$H''_{\text{о.п}} = \frac{V_{\text{о.п}}}{N_n \cdot K_m},$$

где $V_{\text{о.п}}$ – масса отходов потребления;

N_n – количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;

K_m – коэффициент перевода единицы измерения количества изделий в единицу массы.

Коэффициент K_m применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д. Если N_n представляет собой количество изделий в штуках, то в формуле для определения первоначального веса изделий ($N_n \cdot K_m$) вместо K_m используется масса единицы изделия, а N_n определяется по формуле

$$N_n = n \cdot Q,$$

где n – норма потребления изделия на одного работающего (единицу оборудования) и т.д.;

Q – численность работающих (количество оборудования) и т.д.

При определении нормативов образования отходов потребления необходимо учитывать нормативный срок службы продукции в сфере потребления, а также срок временного отвлечения материалов на различные нужды (например, в связи с передачей в архив бумаги, идущей на документацию длительного хранения). Поскольку сроки образования отходов и сроки поступления изделия в сферу потребления не совпадают, в формуле для расчета $H''_{\text{о.п}}$ при определении норматива t лет $V_{\text{о.п}}$ берется за t лет, а N_n – за $(t - r)$ лет, где t – нормативный срок службы изделия.

Определение нормативов образования отходов включает анализ отчетной документации об отходах, в том числе статотчетность; формирование номенклатуры отходов производства и потребления, по которым будут

разрабатываться нормативы; установление нормативной документации, регламентирующей обращение с отходами сформированной номенклатуры; определение возможных направлений использования отходов и организационно-технических мероприятий по повышению индекса использования отходов; выбор метода и расчет нормативов образования отходов.

Раздел 6. Анализ методов переработки отходов.

Анализ методов переработки отходов осуществляется на основании литературно-патентного обзора, должен отражать существо проекта и составляется на базе общих сведений о проектируемом объекте, например, современное состояние и перспективы развития методов и оборудования по переработке отходов различных видов пластмасс и полимерных композитов.

При этом студент изучает и анализирует специализированную научно-техническую литературу, реферативные и научно-технические журналы, патенты, научно-технические отчеты НИИ, монографии, сборники научных трудов, справочники и др.

На основании результатов анализа осуществляется обоснованный выбор наиболее экологически и экономически приемлемого способа (в том числе альтернативного) переработки или утилизации отходов.

Также приводится оценка эффективности выбранной схемы и предлагается система безопасной для обслуживающего персонала и окружающей среды эксплуатации, методы мониторинга за работой оборудования.

Ознакомление с литературными источниками следует начинать с изучения библиографических изданий. При изучении литературы вначале знакомятся с новыми изданиями, затем переходят к изданиям более ранних лет. Работа над материалами должна сопровождаться записями. Работы, необходимые для обзора, внимательно изучаются, из них отбирается нужный материал для включения в обзор. Завершается работа по изучению материалов составлением обзора. В последнем приводятся различные технические решения, сведения о перерабатываемом виде отхода, его свойствах и областях применения, оборудовании, воздействиях на окружающую среду, дается сравнительный анализ и выводы о возможности их использования для решения задач, разрабатываемых в проекте.

На основе литературных данных делается экологически и экономически обоснованный выбор технологической схемы переработки или обезвреживания отходов, применяемого оборудования, материалов и технических решений в работе.

Раздел 7. Разработка комплексных мероприятий по обращению с отходами.

В данном разделе студент обобщает полученную в предыдущих разделах информацию с учетом требований актуальных НПА и ТНПА и разрабатывает комплекс мер по обращению с исследуемым видом отхода, учитывающих:

- организацию сбора и хранения отходов;
- требования по их безопасной перевозке;

- обоснованный выбор схемы обезвреживания (переработки) отходов, в том числе альтернативной;
- описание основного оборудования по выбранной схеме;
- оценку эффективности выбранных схемы и оборудования;
- обучение персонала по правильным приемам обращения с отходами, наличие инструкций и памяток на рабочих местах, где может образовываться отход;
- меры по предотвращению и ликвидации инцидентов при обращении с отходами.

Раздел 8. Разработка мероприятий по снижению (предотвращению) образования отходов.

В данном разделе приводятся мероприятия по минимизации образования отходов, либо по исключению их образования.

Заключение.

В этом разделе приводятся основные результаты, достигнутые в курсовой работы, а также делаются выводы на основе результатов достижения поставленных во введении целей и задач. Необходимо также отметить преимущества, связанные с реализацией проектных предложений, и охарактеризовать перспективы развития работ в этой области.

Список используемых источников.

В конце пояснительной записки приводят список литературы, которая была использована для написания курсовой работы. Сведения об источниках располагают в алфавитном порядке. Ссылки на источники следует указывать порядковым номером по списку источников, выделенным квадратными скобками, например, [11].

При выполнении курсового проекта следует руководствоваться специальной литературой (учебниками, учебными пособиями), технической литературой, периодическими изданиями не старше семи лет, техническими нормативными правовыми актами, патентами, отчетами по НИР, проспектами выставок и т.п.

Ссылки на неопубликованные материалы не допускаются (кроме ссылок на интернет-ресурсы).

Библиографическое описание составляется по определенным правилам и регламентируется:

- ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов»;

- ГОСТ 7.0.12-2011 «Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила»;

- ГОСТ 7.11-2004 «Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках в библиографическом описании».

Организация выполнения и защита курсовой работы.

В ходе выполнения курсовой работы студент обязан посещать консультации (занятия) с руководителем курсовой работы. Занятия проводятся по вопросам

общего характера, возникающим в процессе выполнения курсовой работы, по анализу типовых ошибок, методике использования рекомендованной литературы, справочных материалов и пособий.

В течение времени выполнения курсовой работы проводятся текущие консультации для студентов в соответствии с графиком, определенным руководителем проекта. При необходимости график индивидуальных консультаций может корректироваться.

Готовую курсовую работу студент представляет для проверки руководителю как правило за 1 неделю до защиты.

Выполненная курсовая работа решением руководителя допускается к защите, о чем он делает соответствующую надпись «К защите» на обложке пояснительной записки.

Защита курсовой работы проводится в присутствии руководителя и всей учебной группы, где обучается автор курсовой работы.

Также по решению руководителя для защиты может быть сформирована комиссия, в состав, которой входят руководитель курсовой работы и один-два преподавателя кафедры.

Выполняя доклад, студент должен лаконично и понятно изложить суть разработанных в проекте решений. Продолжительность доклада при защите курсовой работы должна быть не более 10 мин.

Рекомендуется следующая структура доклада:

- раскрытие актуальности и целесообразности темы проектирования, постановка задач, решаемых в ходе проектирования;
- краткое изложение технологии производства;
- изложение решений, принятых при компоновке оборудования;
- изложение конструкции и принципа действия технологического объекта (машины, аппарата, установки и т.д.), освещение конкретных технических решений по модернизации оборудования;
- оценка эффективности проекта;
- выводы по результатам проектирования.

После доклада члены комиссии задают вопросы, на которые студент должен дать исчерпывающие ответы. Вопросы, задаваемые студенту руководителем курсовой работы (членами комиссии), не должны выходить за рамки тематики курсовой работы и тех конкретных задач, которые решались студентом в процессе курсового проектирования. Оценка курсовой работы осуществляется согласно действующему положению о курсовых, экзаменах и зачетах в высших учебных заведениях.

Приложение

Примерный перечень тем курсовых работ

1. Регенерация отработанных формовочных и стержневых смесей в литейном производстве.
2. Утилизация шлаков металлургического производства.
3. Переработка отходов производства пластических масс и изделий на их основе путем неструктивной утилизации.
4. Переработка отходов древесины.
5. Утилизация отходов методом компостирования.
6. Переработка глинисто-солевых шламов, образующихся при производстве калийных удобрений.
7. Утилизация отходов производства фосфорных удобрений при кислотной переработке фосфатного сырья.
8. Переработка галитовых отходов при производстве калийных удобрений.
9. Утилизация отходов поливинилхлорида.
10. Деструктивная утилизация отходов производства пластических масс и изделий на их основе.
11. Утилизация стеклобоя и отходов стекловолокна.
12. Утилизация промышленных и твердых бытовых отходов методом сжигания.
13. Переработка отходов производства материалов и изделий на основе резины.
14. Разработка схем сортировки и комплекса по переработке твердых бытовых отходов.
15. Утилизация отработанных ртутных ламп.
16. Переработка промышленных отходов на специализированных полигонах.
17. Утилизация осадков сточных вод.
18. Утилизация отходов производства фосфатных удобрений при термической переработке фосфатного сырья.
19. Утилизация отходов гальванического производства.
20. Пиролиз промышленных и твердых бытовых отходов.
21. Газификация промышленных и твердых бытовых отходов.
22. Переработка металлических отходов машиностроительного производства.
23. Переработка и утилизация промышленных отходов по полной заводской технологии.
24. Утилизация отходов макулатуры.
25. Утилизация медицинских отходов.
26. Утилизация отработанных аккумуляторных батарей.
27. Утилизация и переработка отработанного масла.
28. Утилизация промасленной ветоши.
29. Утилизация промасленных грунтов и опилок.
30. Переработка строительных отходов.
31. Утилизация отходов лакокрасочных материалов и тары.

32. Утилизация отходов электронной техники.
33. Организация комплексного сбора отходов от населения.
34. Разработка организационно-технических мероприятий по обращению с отходами на предприятии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Луканин, А.В. Инженерная экология. Защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность", 05.03.06 "Экология и природопользование" (квалификация (степень) "бакалавр") / А.В. Луканин. — Москва: ИНФРА-М, 2018. — 555 с.
2. Ветошкин, А. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. Ветошкин. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – Часть 1. Системное обращение с отходами. – 441 с.
3. Ветошкин, А. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: учебное пособие: в 2 частях : [16+] / А. Ветошкин. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – Часть 2. Переработка и утилизация промышленных отходов. – 381 с.
4. Гладун И.В. Обеспечение экологической безопасности при обращении с отходами. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. — 143 с.
5. Соколов, Л. И. Управление отходами (waste management) : учебное пособие : [16+] / Л. И. Соколов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 209 с.
6. Китиков В. О., Барановский И. В., Вага И. И. Ресурсный и экологический анализ технологий обращения с твердыми коммунальными отходами: монография - Минск: Белорусская наука, 2023. - 199 с.
7. Организация и управление твердыми коммунальными отходами города в рамках экологического менеджмента / В. Г. Ларионов, М. Н. Павленков, П. М. Воронин [и др.]; под общ. ред. В. Г. Ларионова, М. Н. Павленкова; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского [и др.]. – 5-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2023. – 366 с.
8. Методы эффективного обращения с отходами производства и потребления на основе экономики замкнутого цикла / Г. В. Колесник, И. А. Меркулина, Т. В. Харитонова [и др.]; под общ. ред. Г. В. Колесника, И. А. Меркулиной ; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. – 3-е изд. – Москва: Дашков и К°, 2022. – 182 с.
9. Картушина Ю.Н. Методы переработки твердых отходов. Монография. / Ю.Н.Картушина, В.Ф. Желтобрюхов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2016.– 96 с.
10. Майорова Л.П. Технологии переработки крупнотоннажных отходов. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. — 259 с.
11. Мамин Р.Г. Инновационные механизмы управления отходами. Монография / Р.Г. Мамин, Т.П. Ветрова, Л.А. Шилова. – Москва: МГСУ, 2013. – 136 с.
12. Теоретические основы защиты окружающей среды: учебное пособие/А. Г. Ветошкин, К. В. Таранцев; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Пензенский государственный университет (ПГУ). – Пенза: Изд-во ПГУ, 2022. – 286 с.
13. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов / Л. И. Соколов, С. М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп. – 2 изд., испр. и доп. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. – 177 с.

14. Систер В.Г. и др. Экологическое обоснование функционирования основных объектов обращения с отходами. - М.: Университет машиностроения, 2013. — 104 с.
15. Новосёлов А.С. Управление отходами. Учебное пособие. — Вологда: ВоГУ, 2013. — 224 с.
16. Телиженко А.М. Отходы - вторичные ресурсы: управление, экономика, организация. Том 1. Коллективная монография: в 2 томах. – Сумы: Сумский государственный университет, 2013. – 298 с.
17. Телиженко А.М. Отходы - вторичные ресурсы: управление, экономика, организация. Том 2. Коллективная монография: в 2 томах. – Сумы: Сумский государственный университет, 2013. – 258 с.
18. Бобович Б.Б. Процессы и аппараты переработки отходов. - Форум, Инфра-М, 2017 г. – 288 с.
19. Р. Г. Мамин, Т. П. Ветрова, Л. А. Шилова. Инновационные механизмы управления отходами. - Москва: ФГБОУ ВПО "МГСУ", 2013. - 134 с.
20. Производственные и бытовые отходы: учеб. пособие / А. А. Теучеж; под общ. ред. И. С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 91 с.
21. Хорошавин, Л. Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов: [учеб. пособие] / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов; [науч. ред. А. С. Носков]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 220 с.
22. Островский, Н. В. Обращение с отходами / Н. В. Островский. - Москва: Дашков и К, 2020. – 538 с.
23. Акимов В.А. Риски при обращении с отходами производства и потребления / В.А. Акимов, Ю.И. Соколов – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014. — 372 с.
24. Рудольф, Н. Рециклинг пластмасс. Экономика, экология и технологии переработки пластмассовых отходов: практическое руководство / Н. Рудольф, Р. Кизель, Ш. Аумнате. - Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2019. - 176 с.
25. Бобович, Б. Б. Утилизация автомобилей и автокомпонентов: учебное пособие / Б.Б. Бобович. — Москва: ИНФРА-М: ФОРУМ, 2022. — 168 с.
26. Белюченко И.С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 405 с.
27. Фаюстов, А.А. Утилизация промышленных отходов и ресурсосбережение: основы, концепции, методы: монография / А.А. Фаюстов. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 272 с.
28. Утилизация отходов производства: учебник / Ю. Ф. Абакумов, Е. Д. Демьянов, С. С. Зуйков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2018. - 107 с.
29. Мелконян, Р. Г. Утилизация опасных отходов: технология использования и утилизации опасных отходов: учебное пособие / Р. Г. Мелконян, Г. И. Панихин. - Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. - 105 с.
30. Крапивский, Е. И. Нефтешламы: уничтожение, утилизация, дезактивация: монография / Е. И. Крапивский. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 432 с.

31. Обработка и утилизация осадков городских сточных вод: учебник / Э.П. Доскина [и др.]. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 220 с.
32. Техника и технология совмещенных процессов переработки твердых отходов: учебное пособие / В. И. Назаров, Р. А. Санду, Д. А. Макаренков, Н. Е. Николайкина. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 456 с.
33. Бикбау, М. Я. Новые технологии для обезвреживания и полной переработки бытовых отходов: монография / М. Я. Бикбау, В. А. Лисичкин. - 3-е изд. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2023. - 76 с.
34. Организация и управление твердыми коммунальными отходами города в рамках экологического менеджмента: монография / В. Г. Ларионов, М. Н. Павленков, П. М. Воронин [и др.]; под ред. В. Г. Ларионова и М. Н. Павленкова. -5-е изд. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2023. - 366 с.
35. Шубов, Л. Я. Технология твердых бытовых отходов: учебник / Л. Я. Шубов, М. Е. Ставровский, А. В. Олейник; под ред. проф. Л. Я. Шубова. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 395 с.
36. Внукова Н.В. Утилизация шин. Монография / Н.В. Внукова, Е.И. Позднякова, И.В. Карапетянц. - Харьков: ХНАДУ, 2013. – 336 с.
37. Губанов Л.Н. Переработка и утилизация отходов упаковочных материалов. Учебное пособие. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. — 117 с.
38. Хорошавин Л.Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов / Л.Б. Хорошавин, В.А. Беляков, Е.А. Свалов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 220 с.
39. Дьяконов О. М. Комплексная переработка стружки и металлосодержащих шламов. – Минск: Тэхналогія, 2012. – 262 с.
40. Бельдеева, Л. Н. Экологически безопасное обращение с отходами. - Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2013. – 147 с.
41. Шаховец, С. Е. Комплексная регенерация шин / С. Е. Шаховец, В. В. Богданов. - Санкт-Петербург: Проспект науки, 2020. - 192 с.
42. Методические указания к выполнению практической работы «Расчет полигона твердых бытовых отходов» по дисциплине «Основы экологии» для студентов всех специальностей дневной и заочной форм обучения / Сост. А.А. Никитин., Е.В. Добровольская – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. – 20 с.
43. Расчет полигона твердых коммунальных отходов : методические указания к выполнения практической работы по дисциплине «Системы защиты техносферы» для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра «Техногенная безопасность и метрология»; сост.: Е. В. Буркова, Т. Ю. Хоменко, Д. В. Бурков. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 20 с.
44. Плеханова В.А. Изучение нормативной документации и экологической экспертизы в сфере отходов. Лабораторная работа. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010.- 48 с.
45. Дружакина О.П. Проектирование полигонов твердых бытовых отходов / О.П. Дружакина. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2016. – 28 с.
46. Комплексное управление отходами: методические указания по

выполнению курсового проекта для студентов четвертого курса специальности 1-57 01 02 "Экологический менеджмент и аудит в промышленности" / сост.: Т. С. Благовещенская, И. В. Скуратович. – Минск : БНТУ, 2010. – 32 с.

47. Комплексное управление отходами: методические указания к практическим работам для студентов специальности 1-57 01 02 "Экологический менеджмент и аудит в промышленности" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Экология" ; сост. Т. С. Благовещенская. – Минск : БНТУ, 2015. – 43 с.