

Уменьшение загрязнения окружающей среды твердыми отходами.

Всё то, что человек добывает, производит, выращивает, потребляет, в конце концов, превращается в отходы. Часть из них удаляется вместе со сточными водами, другая часть в виде газов, паров и пыли попадает в атмосферу, но большая часть выбрасывается в виде твёрдых отходов. Каждый житель планеты «производит» ежедневно до 1,5 кг мусора.

Гора твёрдых бытовых отходов (ТБО) растёт с каждым днём – за год у нас в стране их собирается более 30 млн. тонн. Объём бытового мусора в США составляет 180–200 млн. т в год, для уборки мусора ежедневно требуются многие десятки тысяч мусоровозов. Объём бытовых отходов в расчёте на одного человека увеличивается примерно на 1...4 %, а по массе – на 0,2...0,4 % в год.

В состав ТБО (мусора) входят зола, шлак, бумага, пластмасса, пищевые отходы, металл, стекло и пр. Ещё более разнообразны составляющие промышленных отходов: древесина, бумага, текстиль, кожа, резина, гипс, соли, шлаки, зола, формовочная земля, металл, отходы животного происхождения, строительный мусор.

В России ежегодно производится 180...200 млн. тонн промышленных отходов (без учета отвальных и шахтных пород с массой 4200 млн. тонн), в США, для сравнения – более 600 млн. тонн. Все твердые отходы утилизируются всего на 10...20 %.

Как утверждают специалисты, к концу двадцатого века в России накопилось до 100 миллиардов тонн только твёрдых отходов и ежегодно к ним добавляется ещё по 4 миллиарда тонн.

Классификация твёрдых отходов и их транспортировка

Итак, из краткого вступления следует, что отходы, прежде всего, делятся на **бытовые** и **промышленные**.

Необходимо отметить, что в настоящее время отсутствует общая научная классификация твёрдых промышленных отходов, охватывающая всё их разнообразие по тем или иным признакам.

Существующие классификации твёрдых отходов весьма многообразны и в большинстве своём односторонни.

Так, твёрдые отходы классифицируют по:

- отраслям промышленности,
- конкретным производствам,
- тоннажности,
- степени использования,
- способности к возгоранию,
- коррозионному воздействию на оборудование и т.п.

С точки зрения воздействия на окружающую среду, на наш взгляд, наибольший интерес представляет классификация отходов по токсичности, приведённая в «Методических рекомендациях по определению класса токсичности промышленных отходов».

Поскольку твёрдые отходы размещают на почве (свалки, полигоны и т.п.) или производят захоронение в почву, важное значение имеют нормативы предельно допустимых количеств (концентраций) токсичных веществ в почве (ПДК_п). ПДК_п – предельно допустимые количества химического вещества в пахотном слое почвы, мг/кг.

Это количество не должно вызывать прямого или отрицательного косвенного влияния на соприкасающуюся с почвой среду и здоровье человека, а также на способность почвы к самоочищению.

Выделяют четыре класса токсичности отходов: I – чрезвычайно опасные, II – высокоопасные, III – умеренно опасные и IV – малоопасные.

Основанием для отнесения отходов к определённому классу токсичности является индекс токсичности K_i , определяемый по выражению:

$$K_i = \frac{ПДК_i}{(S + C_B)_i},$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация химического вещества, содержащегося в почве, мг/кг;

S – безразмерный коэффициент, характеризующий растворимость веществ в воде;

C_B – содержание данного компонента в общей массе отходов, т/т (в долях единицы ≤ 1,0);

i – порядковый номер данного компонента.

Расчет K_i для отдельных компонентов отхода, выбирают от 1 до n ведущих компонентов, имеющих минимальное значение K_i. Суммарный индекс токсичности (опасности) K_Σ определяют по формуле:

$$K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n K_i,$$

где n ≤ 3. После чего устанавливают класс токсичности с помощью табл.1.

Таблица 1.

Зависимость степени опасности промышленных отходов от суммарного индекса токсичности

K _Σ	Класс токсичности (опасности)	Степень опасности
< 2	I	Чрезвычайно опасные
2,0...16	II	Высоко опасные
16,1...30	III	Умеренно опасные
> 30	IV	Малоопасные

Вывоз промышленных отходов производится самими предприятиями в специальные места захоронения или на общие свалки, куда вывозятся твёрдые бытовые отходы из городов.

Основные способы сбора бытовых отходов:

- по мусоропроводам отходы собираются в мусороприёмные камеры и далее перегружаются в мусоровозы;
- отходы собираются в специальные контейнеры, затем перегружаются в мусоровозы;
- отходы собираются непосредственно в мусоровозы, которые приезжают в установленное время;

Перечисленные методы несовершенны и негигиеничны, так как мусороприёмные камеры и контейнеры являются источником неприятных запахов и рассадником насекомых и грызунов.

- применение пневматического транспорта для удаления мусора из мусоропроводов по горизонтальным подземным каналам до станции, обслуживающей несколько зданий или целый микрорайон. На этих станциях после прессования мусор перегружается в мусоровозы;
- сплав в канализацию дробленых отходов из квартир, гостиниц, ресторанов и других объектов. С этой целью у раковин устанавливаются механические дробилки, из которых измельчённый мусор вместе со сточной водой удаляется в канализацию, где он обезвреживается в очистных сооружениях;
- системы удаления отходов, в которых его пневматическая транспортировка сочетается с дроблением и сплавом в канализацию.

Примеры промышленных и бытовых отходов, относящихся к различным классам опасности, приведены в таблице 2.

Классы опасности некоторых отходов

Вид отходов	Класс опасности
1 Лампы люминесцентные и накаливания	1
2 Щелочь	2
3 Аккумуляторы отработанные	2
4 Трупы животных, птиц	3
5 Масла отработанные	3
6 Клеи, мастики, смолы	3
7 Ветошь промасленная	3
8 Пищевые, кормовые, мякина, зерновая пыль	4
9 Древесные	4
10 Бумага, картон	4
11 Лом черных и цветных металлов	4
12 Автошины, резина	4
13 Твердые бытовые	4
14 Строительные	4

Полигоны для твёрдых отходов.

В подавляющем большинстве случаев твёрдые отходы удаляются вывозным путём в основном на неконтролируемые свалки – специально отведённые в пригородах отгороженные участки. Отходы на них разлагаются, часто загораются, в результате загрязняется воздушная среда, часто токсичными веществами. Кроме того, вредные вещества могут вымываться дождевыми, тальными, поверхностными и грунтовыми водами и загрязнять водоёмы и подземные воды.

В качестве альтернативы используются полигоны для твёрдых отходов. Для такого полигона выбирают место, по возможности, в глинистом грунте, в котором можно складировать отходы в течение 20...25 и более лет. Основание выбранной площади делают в виде огромного корыта глубиной примерно 1,5 м. При невозможности выбрать место в глинистом грунте водоупорное основание создаётся искусственно, причём на уплотнённый слой глины толщиной 0,5 м иногда наносится слой щебня, что облегчает отвод фильтрата и метана.

Фильтрат, остающийся в пределах полигона, не загрязняет водоёмы и подземные воды. В случае большого количества осадков фильтрат откачивают со дна корыта насосами и разбрызгивают по поверхности укладываемых отходов. Одна часть фильтрата испаряется, другая проникает внутрь, где вызывает медленный биотермический процесс с повышением температуры до 30°C. До дна, таким образом, доходит не более 5 % жидкости.

В течение суток вывозят отходы на одну площадку полигона и уплотняют бульдозерами послойно до 2-х метровой высоты. На следующие сутки отходы вывозят на другую площадку, а предыдущую укрывают изолирующим слоем грунта толщиной 0,25 м. Изоляция грунтом и его последующее уплотнение препятствует загрязнению воздушной среды и распространению грызунов и насекомых.

Для сокращения площади полигон загружают многослойно (рис 1). Конструктивные схемы допускают высоту 60 м. После заполнения полигона поверхность его покрывают растительным грунтом. Полигон окружается скважинами, с помощью которых ведётся мониторинг загрязнения грунтовых вод.

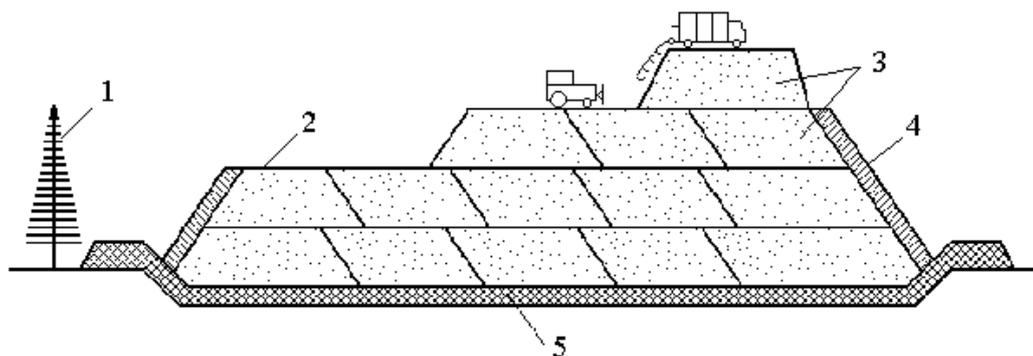


Рис. 6.1. Схематичный разрез полигона для твердых отходов

1 – лесозащитные полосы (зеленая зона); 2 – промежуточный изолирующий слой; 3 – отходы; 4 – укрывающий наружный слой растительного грунта; 5 – естественное или искусственное водоупорное основание (глина)

Полигоны могут иметь различные соотношения длины и ширины. Площадь их зависит от численности жителей города и высоты складирования.

Для размещения полигонов твёрдых отходов можно использовать овраги и другие неудобные земли. После полной загрузки полигона и закрытия его растительным грунтом поверхность последнего можно использовать для устройства парков, садов, игровых площадок и т.п.

В закрытых от соприкосновения с воздухом бытовых и пищевых промышленных отходах, находящихся в насыпях полигона, возникает анаэробный процесс, при котором выделяется биогаз (смесь метана и углекислого газа), который можно использовать как топливо.

Рассмотренные полигоны твёрдых отходов предназначены в основном для бытовых отходов.

Однако исследованиями установлено, что часть промышленных отходов может быть принята на полигоны твёрдых бытовых отходов – это инертные, биологически окисляемые, легко разлагающиеся органические вещества, слаботоксичные, малорастворимые в воде (всего более 10 тысяч видов).

Промышленные отходы используются, как правило, для устройства слоёв промежуточной изоляции.

В части собственно промышленных отходов важнейшим является вопрос о защите окружающей среды от действия токсичных отходов.

Главным направлением в устранении вредного воздействия на окружающую среду токсичных промышленных отходов является их использование в производственных циклах, т.е. организация малоотходных производств. В ряде случаев для нейтрализации токсичных промышленных отходов устраиваются специальные сооружения.

Эти сооружения могут быть в ведении предприятия, создающего токсичные отходы. Часто эти сооружения располагаются на территории предприятия.

Токсичные промышленные отходы могут складироваться, перерабатываться и нейтрализоваться централизованно на полигонах и станциях переработки и нейтрализации. Существуют **два вида специальных полигонов**:

- для обезвреживания одного вида отходов захоронением или химическим способом,
- комплексные – для обезвреживания различных видов отходов.

Территорию комплексных полигонов разделяют на зоны:

- приёма и захоронения твёрдых несгораемых отходов;
- приёма и захоронения жидких химических отходов и осадков сточных вод, не подлежащих утилизации;
- захоронения особо вредных отходов;
- огневого уничтожения горючих отходов.

На территориях полигонов и за их пределами ведётся контроль состояния поверхностных и грунтовых вод, а также чистоты воздушной среды.

Захоронения промышленных отходов производят в котлованах глубиной до 10...12 м в специальной таре, например, в железобетонных резервуарах. Котлованы располагают в

водонепроницаемых грунтах.

Радиоактивные отходы собираются в местах их образования отдельно от других отходов в специальные сборники, внутренние поверхности которых изготавливаются из гладкого мало сорбирующего материала. Транспортировка к местам захоронения производится на специально оборудованных автомашинах. Автомашины и сменные сборники после каждого рейса должны дезактивироваться.

Проблема обезвреживания и захоронения радиоактивных отходов – одна из наиболее жгучих проблем атомной энергетики.

Рассмотрим вопрос, связанный с захоронением радиоактивных отходов. Отходы образуются на всех стадиях ЯТЦ: добычи, переработки сырья, изготовлении тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов). Кроме того, радиоактивные изотопы применяются в медицине, биологии, промышленности.

В силу высокой концентрации энергии в ядерном топливе, количество образуемых отходов, по сравнению с другими отраслями, сравнительно невелико, но, тем не менее, проблем здесь довольно много.

Сама технология выделения отходов, их концентрирование, прессование, заключение в цементные, битумные или стеклянные блоки – это целая отрасль атомной промышленности. Ещё более сложной и дорогостоящей является технология сжигания. Отходящие дымовые газы очищаются методами адсорбции и фильтрации, а зола, загрязнённая радионуклидами, подвергается цементированию, битумированию или остекловыванию.

Главный вклад вносят, конечно, атомные электростанции. Особое место занимают отработавшие рабочие каналы – ТВЭЛы, которые содержат высокоактивные осколки деления, а также недовыгоревший уран и накопившийся плутоний. Они представляют собой наиболее активный тип отходов, а потому требуют к себе особого отношения.

Сегодня тепловыделяющие элементы подвергают захоронению, чаще всего прямо на территории АЭС. Хранят их в водной среде на достаточно большом удалении друг от друга.

Таким образом, достигаются две цели:

- отводится тепло, выделяющееся при продолжающемся радиоактивном распаде,
- исключается возникновение критического ансамбля, способного привести к взрыву.

Ещё одна технология захоронения.

Рабочий канал освобождают от конструктивных элементов, не имеющих столь высокой активности, как ядерное горючее: от кожухов, крышек, колпаков и пр. Остаются только ТВЭЛы. Чтобы они занимали меньше места, их, например, скручивают в жгуты, помещают в медный контейнер, заливают свинцом, закрывают крышкой и заваривают. Медь слабо подвергается коррозии, поэтому контейнер может простоять без изменений сотни и даже тысячи лет. Правда, в металле могут со временем образоваться свищи и герметичность может нарушиться.

Хранят эти контейнеры на дне океана, в глубинных геологических формациях, в соляных шахтах. Соль обладает пластической текучестью. Под действием теплоты, выделяемой радиоактивными отходами, соль оплавляет контейнер, что является дополнительной защитой. Выбором места захоронения проблема не ограничивается, поскольку захоронение – инженерное сооружение, требующее наличия систем контроля, вентиляции, оснащения инженерно-техническими коммуникациями и т.д.

В целом, вопрос, где хранить отходы, которые в течение многих тысячелетий будут радиоактивными, пока далёк от решения.

Переработка и утилизация твёрдых отходов

Переработка твёрдых отходов на компост

Более совершенным приёмом обезвреживания и использования твёрдых отходов является их переработка на компост. Компостирование заключается в естественном биологическом разложении органического вещества в присутствии воздуха. Конечный продукт – гумусоподобное вещество, которое можно использовать как органическое удобрение. Поскольку бытовые отходы на 60-80 % состоят из органики (бумага, пищевые отбросы), их также можно компостировать.

В настоящее время применяются два способа компостирования: полевые и переработка на специальных заводах.

При **полевом компостировании** мусор выдерживается во влажном, но хорошо аэрируемом состоянии, что ведёт к разложению органического мусора до гумусоподобной массы. Ряды мусора разрыхляются и переворачиваются специальной машиной для ускорения компостирования.

В заводских условиях происходит непрерывный процесс компостирования с аэробным окислением во вращающемся наклонном барабане. Из приёмного бункера мусор с помощью дозирующего устройства подаётся ровным слоем на транспортёр, откуда магнитом и вручную из него извлекается металлический лом. Далее масса поступает во вращающиеся барабаны, сделанные на основе обжиговых цементных печей, в которых и происходит процесс переработки мусора в компост. Барабан заполняется массой на 2/3 объёма, специальным вентилятором в него подаётся воздух. Отходы находятся в барабане трое суток, за это время он делает до 2000 оборотов. Процесс происходит с выделением тепла, из-за чего компостируемая масса обезвреживается.

После дополнительной сепарации металла масса попадает на специальное устройство (грохот), где происходит отделение не компостируемых отходов: резины, кожи, текстиля, цветных металлов, полимерных материалов. В процессе окисления отходов в барабане происходит выделение газообразных продуктов распада и дурнопахнущих веществ, которые отводятся в топку котельной.

Компостируемый материал поступает в измельчитель, размер частиц доводится до 25 мм, стекла – до 3 мм. В таком виде компост можно использовать в сельском хозяйстве. В нём (в расчёте на сухое вещество) содержится около 1 % азота и по 0,3 % фосфора и калия, а также необходимые для подкормки растений микроэлементы.

Некомпостируемые отходы поступают в печь пиролиза, в которой без доступа воздуха происходит их термическое разложение. В результате получается **смола**, **газ** и твёрдый углеродистый остаток – **пирокарбон**. Газ и смола используются в качестве энергетического топлива, а пирокарбон – в металлургической промышленности.

Рециклизация

Даже при достаточных площадях, отводимых под новые полигоны, сама их система неустойчива. В итоге человечество может получить покрытый «пирамидами» отходов ландшафт и сотни тысяч людей, обслуживающих полигоны. Выходом из положения может стать вторичная переработка отходов – рециклизация. Существует множество способов вторичной переработки различных типов отходов.

Приведем наиболее широко применяемые технологии:

- макулатуру измельчают в бумажную массу, из которой изготавливают различную бумажную продукцию;
- стекло дробят, плавят и делают из него новую тару или дробят и используют вместо гравия или песка при производстве бетона и асфальта;
- пластмассу переплавляют и изготавливают из неё «синтетическую древесину», устойчивую к биодegradации и обладающую громадным потенциалом, как материал для различных ограждений, настилов, столбов, перил и других сооружений под открытым небом;
- металлы плавят и перерабатывают в различные детали – это позволяет экономить до 90 % электроэнергии, необходимой для выплавления металлов из руды;
- пищевые отходы и садовый мусор компостируют с получением органического удобрения;
- текстиль измельчают и используют для придания прочности макулатурной бумажной продукции;
- старые покрышки переплавляют с изготовлением новых резиновых изделий.

Кроме этих имеются сотни других промышленных методов переработки отходов.

Обработка осадка сточных вод.

Практически от 30 до 50 % присутствующего в канализационных стоках органического вещества входит в ил-сырец, оседающий в отстойниках и на других стадиях очистки. Он представляет собой густую, чёрную, зловонную массу, состоящую примерно на 98 % из воды и на 2 % из органики, включающей множество патогенных организмов. После соответствующей обработки из него можно получить гумус и использовать его как удобрение.

Обработка ила основана на питании им бактерий и других детритофагов. Это может

происходить двумя способами:

- в отсутствие воздуха – анаэробное сбраживание.
- в присутствии воздуха – компостирование.

Анаэробное сбраживание.

Ил-сырец помещают в крупные герметичные баки. В отсутствие кислорода бактерии питаются илом (анаэробное сбраживание), в качестве побочного продукта вырабатывая биогаз. Он содержит углекислый газ и вещества, придающие стокам дурной запах, но практически на 60 % состоит из метана. Последнее обстоятельство даёт возможность использовать биогаз как топливо. На практике его используют для нагревания самих баков с целью поддержания в них оптимальной для организмов температуры около 38°C.

Сбраживание завершается через 4...6 недель и в баках остаётся обработанный ил – водный раствор гумуса. Этим раствором можно удобрять сельскохозяйственные поля и газоны прямо в жидком виде, так как полезны и гумус, и богатая биогенами вода. Обработанный ил можно отфильтровать и получить полутвёрдый гумусовый кек, правда, вместе с отфильтрованной водой пропадает основная часть биогенов, что снижает питательную ценность кека.

Компостирование.

Для компостирования ил-сырец отфильтровывают, смешивают с древесной стружкой или другим материалом для улучшения аэрации и складывают в кучи или компостные ряды. Аэрацию повышают, дополнительно подавая воздух или перемешивая механически. В компостных кучах бактерии и другие редуценты, и детритофаги перерабатывают органику в гумусоподобную массу. Тепла, выделяемого при дыхании, оказывается достаточно для гибели патогенных организмов. После шести или восьми недель компостирования от древесной стружки отделяют гумус, готовый для применения на полях.

В последние годы всё большее развитие получает совместное компостирование твёрдых бытовых отходов и осадка сточных вод. Эта технология способствует насыщению компоста микрофлорой и микро-элементами и позволяет в оптимальном режиме поддерживать биотермический процесс. Он сопровождается нагреванием массы до 60...70°C. При этом гибнет большинство болезнетворных микроорганизмов, яйца гельминтов, личинки мух.

Отходы как источник энергии.

Сжигание твёрдых отходов целесообразно в случае использования тепловой энергии и очистки уходящих газов. Этот процесс происходит на мусоросжигательных станциях, имеющих паровые котлы со специальными топками.

Температура в топке должна быть не менее 1000°C для того, чтобы сгорали все дурнопахнущие примеси газов и не происходило бы зашлаковывания колосников.

Перед выходом в дымовую трубу газы очищаются, например, с помощью электрических фильтров.

Металлический лом отделяется от шлака электромагнитным сепаратором.

Другие негорючие остатки требуют захоронения, но они составляют лишь 10...20 % от исходного объёма мусора.

Безотходное и малоотходное производства.

Использование всех рассмотренных способов уменьшения загрязнения окружающей среды не позволяет решить проблему в полной мере и сопряжено с ростом затрат на их реализацию. Альтернативой является внедрение безотходных и малоотходных производств.

Широко используемый термин «безотходное производство», например, «безотходная ТЭС», можно понимать так: реальная ТЭС, которая наряду с выработанной электрической и тепловой энергией из 100% отходов вырабатывает товарные продукты и тем самым снижает нагрузку на окружающую среду.

Это невозможно так же, как нельзя всю подведенную в цикле двигателя тепловую энергию превратить в работу.

Вместе с тем вся история теплоэнергетики была связана со стремлением приблизиться к

безотходной ТЭС.

Если исключить из рассмотрения идеальные представления о ТЭС, то наибольший интерес должны представлять реальные ТЭС с высокими (наиболее высокими) экологическими показателями.

Если минимальное негативное воздействие ТЭС на окружающую среду находится в пределах «хозяйственной емкости биосферы», то такую ТЭС можно отнести к разряду экологически безопасных, или малоотходных. Здесь максимально используются технологии, минимизирующие образование вредных твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов, оборотное водопользование, твердые отходы преобразуются в товарный продукт или в сырье для смежных производств, неиспользованные стоки и отходящие газы подвергаются глубокой очистке, оставшееся ограниченное количество твердых отходов поступает на длительное хранение.

Таким образом, методологически правильно определять подобное, экологически безопасное производство как малоотходное.

При малоотходном производстве воздействие на окружающую среду не превышает уровня, установленного санитарно-гигиеническими нормами. При этом по различным причинам (техническим, экономическим, организационным и др.) часть сырья и материалов может переходить в отходы и направляться на хранение или захоронение.

Малоотходная технология должна обеспечить:

- комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов;
- создание и выпуск новых видов продукции с учётом требований повторного её использования;
- переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия;
- использование замкнутых систем промышленного водоснабжения;
- создание безотходных комплексов.

Развитие малоотходных производств можно разделить на следующие этапы:

- 1) малая ресурсоёмкость и незначительные выбросы в окружающую среду;
- 2) создание цикличности производств – отходы одних являются сырьём для других;
- 3) организация разумного захоронения неминуемых остатков и нейтрализация энергетических отходов.

Все этапы могут быть одновременными. В результате сокращаются экономические издержки производства, достигается комплексность использования сырья, и более эффективно решаются проблемы уменьшения загрязнения окружающей среды отходами.