

Экологически безопасное и рациональное управление отходами

1. Проблема размещения отходов производства и потребления

Отходами производства и потребления (отходы) принято называть остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

Опасными отходами называются отходы, содержащие вредные вещества, которые обладают опасными свойствами (токсичностью, пожаровзрывоопасностью, высокой радиационной активностью) или содержат возбудителей инфекционных болезней, а также представляющие потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами.

Практика управления отходами выявила необходимость использования ряда специфических понятий и определений. Рассмотрим некоторые из них.

Обращение с отходами - деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также производится сбор, использование, обезвреживание, транспортировка и размещение отходов.

Размещение отходов - хранение и захоронение отходов. В свою очередь **хранение отходов** - это комплекс работ, обеспечивающих содержание отходов в объектах размещения отходов в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования.

Захоронение отходов - изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах, исключающих попадание вредных веществ в окружающую природную среду.

Использование отходов предусматривает применение отходов для: производства товаров (продукции); выполнения работ; оказания услуг или для получения энергии.

Обезвреживание отходов - обработка отходов, в том числе сжигание и обезвреживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

Под **объектом размещения отходов** следует понимать специально оборудованное сооружение, предназначенное для размещения отходов (полигон, шламохранилище, хвостохранилище, отвал горных пород и др.).

Каждому производителю продукции устанавливается **норматив образования отходов**, т.е. количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции.

Одним из основных документов в системе управления отходами является **паспорт опасных отходов** - документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе. Паспорт необходим для организации многих процессов обращения с отходами.

Совокупность отходов, имеющих общие признаки, соответствующие системе классификации отходов, определяет понятие - **вид отходов**.

Как правило, границы между понятиями «сырье - отходы - вторичные ресурсы» достаточно условны.

Воздействие отходов на окружающую среду зависит от их качественного и количественного состава. Отходы представляют собой неоднородные по химическому составу, сложные поликомпонентные смеси веществ, обладающих разнообразными физико-химическими свойствами. Основные показатели отходов, позволяющие характеризовать их как вредные и опасные для биосферы, приведены на рис. 1.

Опасность отходов для окружающей среды возрастает в тех случаях, когда отходы производства обладают свойствами, способствующими миграции компонентов в окружающей среде (рис. 2).

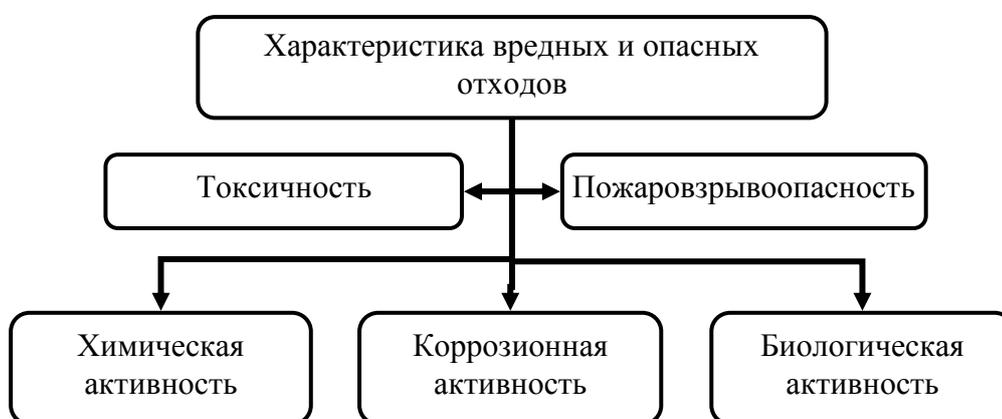


Рис.1. Основные характеристики вредных и опасных отходов (по В.Т.Медведеву, 2002)

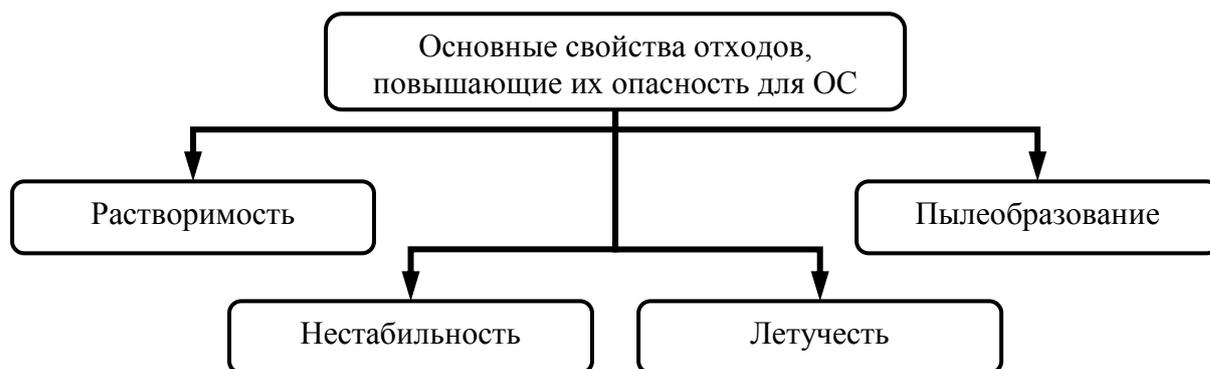


Рис. 2. Основные свойства отходов, повышающие их экологическую опасность
(по В.Т.Медведеву, 2002)

В больших количествах отходы образуются во всех базовых отраслях промышленности (сельское хозяйство, энергетика, металлургия, строительство, транспорт), а также в быту. Например, в цветной металлургии из примерно 2 млрд. т руды, добываемой ежегодно, только 1 % извлекается в виде товарной продукции. В результате в отрасли образовалось около 100 млн. т токсичных отходов, из которых обезврежено и захоронено всего 6,7%. В общей сложности в стране накоплено около 7 млрд. т отходов, из которых более 1 млрд. т - опасные отходы.

Таким образом, в среднем на каждого жителя РФ вырабатывается (накапливается) до 15 т различных твердых отходов в год. Такой темп роста накопления твердых отходов объясняется невысокой степенью их утилизации. Так, степень утилизации инертных отходов, к которым относятся вскрышные породы, зола, отдельные виды строительных отходов, составляет примерно 25-30%. Уровень утилизации опасных отходов еще ниже - менее 20-25%.

Для сравнения следует отметить, что в Европе (без России) производство отходов всеми отраслями хозяйства составляет 10-11 т на душу населения в год. Причем промышленные и сельскохозяйственные отходы составляют около 70% (примерно 40% промышленные и около 30% сельскохозяйственные). Около 25% отходов составляет строительный мусор. Доля бытовых отходов в странах Европы достигает 6% их общего количества, что вдвое больше аналогичного показателя для России (примерно 3%).

В настоящее время средний уровень производства опасных отходов, отнесенный к общей массе отходов стран Европы, равен примерно 7,5% (от 5 до 10%).

В отличие от России, в которой отходы по степени вредности и опасности делятся на четыре класса опасности, в европейских странах приняты три класса опасности.

Основная часть опасных отходов складывается или захоранивается, в том числе и затопливается в море. Обезвреживанию с предварительной обработкой, сжиганию и вторичной переработке подвергается небольшая часть опасных отходов. Например, в Нидерландах примерно 360 тыс. т опасных отходов ежегодно подвергается физико-химической обработке, около 200 тыс. т сжигается, более 250 тыс. т захоранивается и около 700 тыс. т затопливается в море.

Особую опасность для окружающей среды и населения представляют радиоактивные отходы. До принятия конвенции о запрещении захоронения радиоактивных отходов в океанах и морях западноевропейскими странами в океанских водах захоронено более $35 \cdot 10^6$ ГБк ($1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ (бек-керель)) радиоактивных отходов в контейнерах. Основная часть из этого количества приходится на Великобританию (примерно 76%).

В настоящее время страны Европы производят захоронение подземное радиоактивных отходов. Так, в Германии высокоактивные отходы помещают в соляной купол, расположенный вблизи Ганновера, в котором по состоянию на конец XX столетия накопилось около 3000 т отходов, ждущих захоронения, и к этим отходам ежегодно прибавляется около 500 т новых.

Для многих стран Европы захоронение опасных и радиоактивных отходов является сложной, порой неразрешимой задачей. Между странами происходит интенсивный обмен отходами. Это объясняется, с одной стороны, различиями в списках опасных и радиоактивных отходов, а с другой - наличием в ряде стран технологий и производств, использующих эти отходы как сырье. Через национальные границы ежегодно перемещается более 2 млн. т таких отходов. Существует и развивается нелегальный вывоз опасных отходов в страны Африки и Азии. В эти же страны перемещаются предприятия по сжиганию опасных отходов. Не меньшей проблемой для стран Западной Европы являются старые захоронения отходов, среди которых большой объем занимали опасные отходы. Такие захоронения вполне можно сравнивать с химическими «бомбами замедленного действия», поэтому инвентаризация и поиски таких захоронений во многих странах рассматриваются как приоритетные задачи. Например, в Дании зарегистрировано около 3200 таких захоронений, в Нидерландах - около 4000, на территории Западной Германии - более 50 тысяч. Аналогичная задача существует и в России, но она не решается, прежде всего из-за отсутствия средств, необходимых для ее реализации.

Из всего многообразия отходов особый интерес вызывают отходы производства и потребления, с которыми приходится иметь дело подавляющему большинству населения в различных странах мира. Среди таких отходов особое место занимают твердые бытовые

отходы (ТБО). Бытовые («муниципальные») отходы следует относить к непромышленным отходам. Но при этом не следует забывать, что деление отходов на бытовые и промышленные достаточно условно, так как в бытовые отходы попадают остатки древесины, резины, кожи, бумаги, а также других органических веществ и полимерных материалов. Например, полимерные отходы составляют до 15% общего объема бытовых и промышленных отходов крупных городов. Низкая культура сбора отходов становится причиной того, что в бытовые отходы попадают батарейки, краски, люминесцентные лампы и многое другое. По различным оценкам в 1 т бытовых отходов содержится до 50 нг диоксинов.

Отсутствие действенного контроля за процессами образования, накопления, транспортирования и уничтожения отходов, с одной стороны, и недостаток «экологического сознания» - с другой, приводят во многих случаях к объединению промышленных и бытовых отходов и размещению их на полигонах и свалках. Например, ежегодно только на санкционированные свалки и полигоны ТБО в нарушение действующих норм и правил направляются десятки миллионов тонн промышленных отходов. Особенно этим грешат мелкие и средние предприятия, не имеющие достаточных средств и технологической оснащенности, необходимых для переработки и утилизации отходов. К сожалению, в большинстве регионов и городов РФ имеет место вывоз промышленных отходов на несанкционированные свалки, причем основную часть этих отходов составляют опасные отходы (до 80%).

Повышенную опасность для окружающей среды представляют стоки крупных животноводческих комплексов, которые ежегодно выбрасывают около 150 млн. т разжиженного навоза и помета, из которых примерно 70% используется в качестве удобрения, а более 40 млн. т этих отходов, попадая вместе со стоками в поверхностные и подземные воды, загрязняют их, делая не пригодными для питьевого водоснабжения без применения сложных энергоемких технологий обезвреживания и очистки воды.

В классификации отходов особо следует выделить канализационные отходы, которые представляют собой: отработанный биологически активный ил; частицы текстиля, бумаги, песка и т.п. Содержание большого количества солей тяжелых металлов в отработанном иле не позволяет использовать его в качестве удобрения и поэтому он накапливается на специальных территориях - полях аэрации. Например, на подмосковных полях аэрации накопилось несколько десятков миллионов кубометров таких отходов. В свою очередь воздействие атмосферных осадков на биологически активный ил приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод. В ряде регионов, имеющих развитую систему предприятий и учреждений медико-биологического профиля,

образуются чрезвычайно сложные по составу отходы, относящиеся к классам опасных отходов. Сложность обращения с медико-биологическими отходами заключается в том, что в них наряду с огромным числом химических соединений, имеющих сложную структуру, входят биологические объекты, в том числе инфекционные. Это затрудняет, а иногда делает невозможным сортировку отходов. Неорганизованное сжигание на свалках (полигонах) таких отходов сопровождается образованием вторичных токсикантов, которые могут быть гораздо опаснее исходных соединений (полихлорированные бифенилы, диоксины, бензофураны и др.). Весь комплекс работ по обращению с отходами можно отобразить с помощью структурной схемы, представленной на рис. 3, которая является основой системы управления отходами.

Структура системы управления отходами в странах Западной Европы, США, Японии и других государствах аналогична структуре, принятой в РФ. Однако реализация технологических процессов и циклов, входящих в общий процесс управления отходами, различна. Так, в странах ЕЭС перерабатывается примерно 60% промышленных и около 95% сельскохозяйственных отходов, а в Японии перерабатывается около 45% промышленных отходов.

Анализ обращения с ТБО в этих странах показывает, что в Великобритании 90% ТБО вывозится на полигоны, в Швейцарии - 20%, Японии, Дании - 30%, Франции, Бельгии - 35%. Остальные ТБО в основном сжигаются, и лишь небольшая часть ТБО подвергается компостированию.

В РФ эти показатели значительно ниже вследствие:

- недостаточной эффективности использования возможностей структуры управления отходами;
- низкого уровня технологического оснащения;
- разобщенности служб и организаций, ответственных за процессы, связанные с управлением отходами;
- слабой нормативно-правовой базы;
- отсутствия единой региональной и государственной информационной системы;
- отсутствия устойчивого финансирования.

2. Классификация отходов

Отсутствие общепринятой системы классификации отходов производства и потребления вынуждает специалистов использовать ряд основных принципов разделения отходов (рис. 4). Вместе с тем достаточно широкое распространение в России получила

классификация отходов по источникам их образования, основанная на отраслевом принципе. С учетом отраслевого принципа классификации отходы промышленного производства делятся на отходы черной и цветной металлургии; химической, угольной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности.



Рис. 3. Структурная схема обращения с отходами производства и потребления
(по В.Т.Медведеву, 2002)

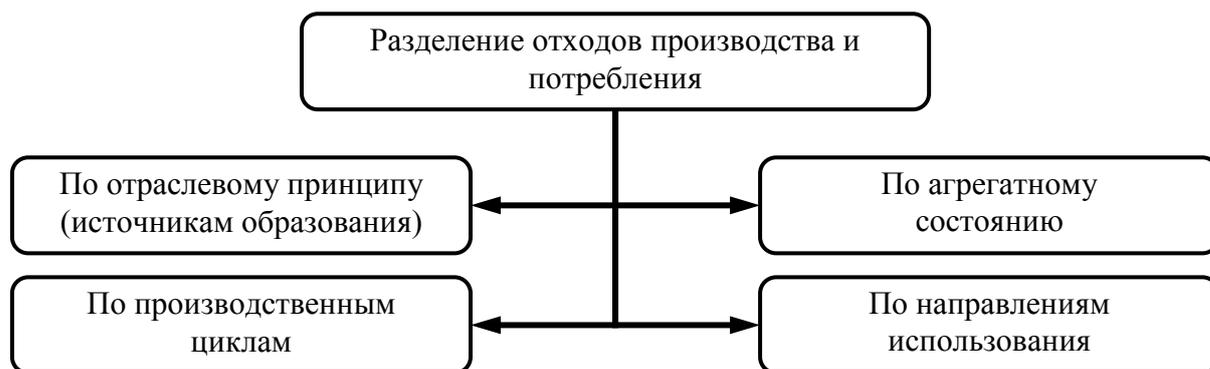


Рис. 4. Основные принципы разделения отходов (по В.Т.Медведеву, 2002)

Кроме того, в системе обращения с отходами применяется классификация отходов по агрегатному состоянию (рис. 5.5) (твердые, жидкие, газообразные или пылегазовые), которая позволяет более точно идентифицировать отходы, что является очень важным при выборе способа и технологии обращения с отходами (сжигание, утилизация, захоронение).

В зависимости от агрегатного состояния отходов выбирается способ хранения. Например, газообразные отходы хранятся в специальных емкостях или резервуарах, жидкие отходы - в герметичных контейнерах. Способы накопления и хранения твердых отходов достаточно разнообразны (контейнеры, площадки, полигоны и др.). При определении технологии обращения с отходами пользуются классификацией отходов по степени горючести, взрывоопасности и токсичности.

В ряде случаев применяется система классификации отходов по производственным циклам, основанная на отраслевом принципе. Такая система позволяет выявить операции (стадии), при которых образуются побочные продукты, не предусмотренные основным технологическим циклом. Например, в химической промышленности при синтезе органических продуктов образуются объемные остатки, не предусмотренные целевым синтезом (при ректификации, перегонке и др.). Иногда используются системы классификации отходов, имеющие узко профессиональный или сугубо ведомственный характер.

Классификация отходов по физико-химическим свойствам и характеристикам, которая в отличие от рассмотренных выше систем классификации, оперирует качественными показателями, особенно важна при оценке влияния отходов на

окружающую среду, и в первую очередь это касается токсичных и опасных отходов. Одной из основных характеристик токсичности вещества считается **показатель летальной дозы ЛД₅₀**, при которой у 50% подопытных животных наступает летальный исход. Значения токсичности, полученные на опытах с животными, являются основой для законодательного определения предельно допустимой концентрации вредных веществ. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала систему классификации опасных промышленных отходов, которая принята ООН. Эта классификация включает в себя перечень токсичных и опасных компонентов промышленных отходов. Среди них такие вещества как: мышьяк и его соединения; фармацевтические препараты; канцерогенные полициклические и ароматические галогенорганические соединения, за исключением полимерных материалов; ртуть и ее соединения и многие другие. Степень опасности отходов зависит не только от класса и концентрации токсичных веществ, содержащихся в отходах, но и от синергетического эффекта нескольких компонентов.

В этой связи одной из важнейших задач при описании отходов является установление характеристик, которые подлежат измерению и определяют эффективные направления использования отходов.

Технические характеристики конкретных отходов могут быть условно объединены в две группы:

- группа свойств, являющихся важнейшими для данного вида отходов, измерение которых обязательно для нахождения традиционных путей его использования;
- группа вновь приобретенных свойств, измерение которых необходимо для нахождения новых, нетрадиционных путей использования конкретного материала.

Определение свойств, объединенных в первую группу, может быть выполнено путем анализа нормативно-технической документации для данного вида сырья, материалов и изделий, из которых образовался отход. Как правило, методики измерений этих характеристик хорошо отработаны и унифицированы. Они отражены в ГОСТах и другой научно-технической документации. Для группы вновь приобретенных свойств, как правило, требуется создание оригинальных методик определения этих свойств. Такие методики требуют унификации как методов измерений свойств отходов, особенно «новых», так и методов выявления всех необходимых свойств конкретных отходов, которые подлежат измерениям.

Имеющиеся отличия вторичного сырья указывают на его специфику, что позволяет в ряде случаев рассматривать его как новый вид сырья, подлежащий столь же детальному изучению, как это имеет место при исследовании добываемых или синтезируемых сырья и материалов. Изучение вторичного сырья должно быть направлено как на выявление его

техногенных характеристик и свойств, которые бы позволили использовать отходы в эффективных технологических процессах их переработки, так и на детальное исследование физико-химических свойств отходов, позволяющих определить их воздействие на человека и окружающую среду, что является необходимым условием при обосновании решений об их складировании, захоронении, уничтожении.



Рис. 5. Классификация отходов по агрегатному состоянию (по В.Т.Медведеву, 2002)

3. Паспортизация и сертификация отходов

Качественное проведение классификации отходов невозможно без анализа их характеристик, составляющих основу паспорта отходов. Не менее важно выявление оптимального набора входящих в паспорт параметров, не только определяющих дальнейший порядок обращения с отходами, но и учитывающих различные экологические факторы. Форма паспортизации отходов может соответствовать одному из трех видов:

- учетно-статистическому;
- кадастровому;
- экологическому.

Учетно-статистическая паспортизация отходов является сводом отраслевых, региональных, государственных сведений об отходах и выполняется в форме статистической отчетности.

Кадастровая форма паспортизации отходов предусматривает использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов.

Экологическая форма паспортизации отходов, проводимая в соответствии с ГОСТ 17.0.0.04-90, является неотъемлемой частью как экологического паспорта предприятий, так и всех остальных форм паспортизации отходов.

Методология сертификации отходов, методы анализа и формы, отражающие результаты этих анализов, требуют унификации, так как в паспорт отходов включается большое количество данных, характеризующих отходы.

Любая система сертификации отходов должна начинаться со сбора информации об отходах, подлежащих сертификации. Причем эту работу следует выполнять с момента генерации отдельных компонентов отходов, так как в результате смешения их с другими продуктами образуются сложные композиции, проведение анализа которых значительно усложняется. Разнообразие характеристик, свойств, состояний и расположения отходов не позволяет выработать унифицированную методику пробоотбора. Поэтому к оборудованию и приспособлениям для отбора проб предъявляются довольно жесткие требования, например по обеспечению герметичности, по исключению воздействия света и излучения и т.п. Для сохранности образцов проб отходов, содержащих органические соединения, категорически запрещено применение консервантов. Особо следует выделить строгое соблюдение правил техники безопасности. От качества выполнения работ, связанных с процессами отбора проб и их анализа, во многом зависят дальнейшие шаги по выбору оборудования, способов транспортировки и определению технологий переработки, хранения или захоронения отходов. Вместе с тем выбор порядка отбора проб предопределяет выбор тактики обращения с пробами, т.е. технологии и оборудования пробоотбора, упаковки и транспортировки проб, возможности совместного или отдельного анализа и многих других деталей, включающих технику безопасности всех процессов отбора проб и их анализа. Таким образом, пробоотбор, анализ и дальнейшее обращение с отходами - взаимосвязанные процессы. Однако следует отметить, что единой системы отбора проб и их анализа в настоящее время не существует.

Принимая во внимание тот факт, что классификация отходов производится в соответствии с какой-либо выбранной системой, непосредственно сертификация отходов отражает спектр характеристик, лежащих в основе классификации и необходимых для процесса управления отходами. Как правило, существующие схемы классификации

отходов базируются на сертификации отходов по ряду показателей, среди которых большую роль играют физическое состояние и химический состав отходов. Как правило, сертификацию отходов по химическому составу провести в полном объеме не представляется возможным из-за сложности анализов и их высокой стоимости. Даже хорошо развитая лабораторно-аналитическая база не позволяет полностью выполнить эту работу, так как возникают трудности отбора проб, подготовки образца к анализу и проведения анализа.

Особое внимание следует уделять оценке (анализу) взаимодействия отходов с окружающей средой, которое зависит от структуры химических веществ и их соединений, входящих в отходы, способности этих веществ к миграции, скорости миграции в естественных условиях и т.д. В этой связи немаловажной является работа по определению с помощью тестов трансформации отходов в условиях окружающей среды. Полученные с помощью тестирования характеристики отражают способность соединений, составляющих отходы, изменяться в различных условиях обработки вплоть до полного разложения.

Таким образом, сертификация (и более узкая классификация) отходов представляет собой сложный и объемный процесс. Однако данную проблему можно разрешить путем поэтапного анализа и классификации отходов. Особенно это касается анализа отходов с целью выявления возможностей использования их в качестве вторичных материальных ресурсов. При этом паспортные данные отходов помогают определять эффективные, в том числе нетрадиционные, пути использования вторичного сырья, планировать его наиболее полное использование, решать другие вопросы экологии, экономики, управления ресурсами, проводить ресурсосберегающую политику.

Облегчить решение данных проблем может информация об отходах, собираемая в банки данных (БД), которые в дальнейшем могут использоваться при создании автоматизированных информационных систем. С целью унификации отходов в рамках любой отрасли или ряда отраслей при отсутствии единого государственного БД по отходам целесообразно использовать принятую в ряде стран систему кодирования отходов. Такой подход позволяет создать единый банк данных по отходам как производства, так и потребления.

Полный код отходов включает первую букву (А, Б, В...), обозначающую промышленность, в которой они получаются (химическая, металлургическая, нефтехимическая и т.д.), затем цифры (1, 2, 3, 4,...), указывающие основную группу отходов (кислые, щелочные, цианосодержащие и т.д.), затем подкод (01, 02, 03,...), обозначающий конкретное химическое соединение, преобладающее в этом отходе, и,

наконец, индекс агрегатного состояния (ж, г, т, ш). Например, если код отхода А.2.01 ж, то это означает, что отход производится в химической промышленности, представляет собой раствор, относящийся к группе щелочей и содержащий в качестве основного компонента NaOH.

Инвентаризация и паспортизация промышленных токсичных отходов в нашей стране производится объединениями, комбинатами, предприятиями, организациями промышленности и сельского хозяйства, на которых в производственных циклах образуются, складировуются, захораниваются, используются, обезвреживаются (уничтожаются) токсичные отходы. При этом заполняется форма 2 «Токсичные отходы», в которую заносятся данные из паспорта отходов предприятия.

Согласно ГОСТа токсичные отходы классифицируются по четырем классам опасности:

- 1-й класс - чрезвычайно опасные;
- 2-й класс - высокоопасные;
- 3-й класс - умеренно опасные;
- 4-й класс - малоопасные.

Каждая группа и вид токсичных отходов кодируются; определяются их физические характеристики и химический состав.

В учетной форме приводятся данные о наиболее токсичных компонентах отходов и о применяемых и рекомендуемых методах утилизации, обезвреживания и захоронения отходов.

4. Переработка и использование отходов

Переработка отходов является альтернативным направлением по отношению к дорогостоящим методам захоронения отходов. Наблюдающийся в мире рост объема перерабатываемых отходов и популярности этого направления свидетельствует о ее перспективности. Полный цикл переработки отходов включает сбор, сортировку, переработку и повторное использование отходов.

При разработке технологий переработки отходов следует учитывать, что технологии должны:

- не только ориентироваться на существующие потребности рынка, но и способствовать развитию новых направлений реализации продуктов переработки;
- быть гибкими и легко приспосабливаться к изменяющимся условиям;

- обеспечивать сбалансированность критериев потребностей рынка, прибыльности и экологичности, тем самым охватывать как можно больший объем и разнообразие отходов.

Существует несколько общепринятых организационных принципов построения системы переработки отходов производства и потребления. При этом формы организации производств по переработке отходов, могут быть различными.

Основными методами переработки отходов являются компостирование, биоразложение и сжигание. Сложные по составу промышленные отходы требуют применения дополнительных специальных физико-химических методов переработки.

Компостирование - форма переработки сырой органической отходной массы, представляющая собой биологический метод обезвреживания твёрдых бытовых отходов (ТБО). Иногда его называют биотермическим методом. Сущность процесса заключается в следующем. Разнообразные, в основном теплолюбивые микроорганизмы активно растут и развиваются в толще мусора, в результате чего происходит его саморазогревание до 60⁰С. При такой температуре погибают болезнетворные и патогенные микроорганизмы. Разложение твердых органических загрязнений в бытовых отходах продолжается до получения относительно стабильного материала, подобного гумусу. Механизм основных реакций компостирования такой же, как при разложении любых органических веществ. При компостировании более сложные соединения разлагаются и переходят в более простые. К основным химическим показателям, характеризующим мусор как материал для компостирования и получения биотоплива и органических удобрений, относятся содержание органического вещества; зольность; содержание общего азота, кальция, углерода.

Стоимость методов компостирования растет с применением специализированной техники и может быть значительной. Выбор методов компостирования, определяется критерием оптимального сочетания стоимости с достигаемым эффектом утилизации компостируемых отходов. В табл. 1. приведены виды отходов, подвергающиеся компостированию.

Ежегодно увеличивающееся количество отходов повлекло за собой разработку ускоренных, механизированных способов их переработки. Для этого сооружаются специальные мусороперерабатывающие заводы. Схема работы мусороперерабатывающего завода следующая. Законченный цикл обезвреживания ТБО состоит из трех технологических этапов:

- прием и предварительная подготовка мусора;
- собственно биотермический процесс обезвреживания и компостирования;

- обработка компоста.

Таблица 1. Виды отходов, подвергающиеся компостированию (по В.И. Сметанину, 2003)

| Особенности отходов по отношению к компостированию | Виды отходов |
|--|--|
| Предпочтительные | Растительные остатки, пищевые отходы, бумажные отходы, санитарно-гигиенические материалы |
| Обычные | Отходы животного происхождения, древесные отходы, отработанный ил |
| Непоощряемые | Переработанные материалы, инертные компоненты |
| Непригодные | Металлы, опасные отходы, медицинские отходы |

Недостатком компостирования является необходимость складирования и обезвреживания некомпостируемой части мусора, объем которой составляет значительную часть общего количества мусора. Эта задача может быть решена путем сжигания, пиролиза или вывоза отходов на полигоны.

Биоразложение органических отходов - последовательное многоступенчатое разрушение молекул органических веществ определёнными группами микроорганизмов. Общеизвестно, что биологические методы разложения органических загрязнений считаются наиболее экологически приемлемыми и экономически эффективными.

В настоящее время многие разбавленные промышленные отходы обрабатывают биологическими способами. Обычно используется окисление, осуществляемое в аэротенках, биофильтрах и биопрудах аэробной переработки стоков. Существенными недостатками аэробных технологий, особенно при обработке концентрированных сточных вод, являются энергозатраты на аэрацию и проблемы, связанные с обработкой и утилизацией большого количества образующегося избыточного ила (до 1-1,5 кг биомассы микроорганизмов на каждый удаленный килограмм органических веществ).

Исключить указанные недостатки помогает анаэробная обработка сточных вод методом метанового брожения. При этом не требуется затрат электроэнергии на аэрацию, что играет большую роль в условиях энергетического кризиса, уменьшается объем осадка и, кроме того, образуется ценное органическое топливо - метан.

Анаэробные процессы микробиологической конверсии органических веществ представляют собой комплексную и весьма сложную группу явлений, многие

фундаментальные аспекты которых стали понятными только в последние годы. Тем не менее, промышленные технологии анаэробной очистки уже в 1980-е гг. достигли достаточно высокого уровня и получили широкое распространение за рубежом. В нашей стране интенсивные анаэробные технологии пока не используются, что наносит значительный ущерб состоянию окружающей среды, так как методы генной инженерии позволяют получать штаммы, способные обезвреживать экологически опасные органические вещества и другие материалы.

Разрушение молекул органических веществ при анаэробном биоразложении возможно благодаря уникальным способностям определенных групп микроорганизмов осуществлять катаболический процесс - расщепление сложных молекул до простых - и существовать за счет, энергии разрушения сложных молекул, не имея доступа ни к кислороду, ни к другим, предпочтительным в энергетическом отношении акцепторам электронов (нитрат, сульфат, сера и др.). Микроорганизмы используют для этой цели углерод органических веществ. Следовательно, в процессе восстановительного расщепления сложные органические молекулы разрушаются до метана и углекислого газа.

Следует отметить, что микроорганизмы по-разному реагируют на различные вещества, входящие в отходы. Поэтому необходимы проверка отходов на биоразлагаемость анаэробной микрофлорой, а также определение оптимальных условий обработки. Наиболее подходящим тестом в таком случае является биохимический метановый потенциал (БМП). При этом образец отходов смешивают с анаэробной культурой в определенной среде, выдерживают в анаэробных условиях (закрытая емкость) и периодически измеряют объем образующегося газа. Количество метана, образующегося в контролируемый период, отнесенное к количеству углерода в отходах, оцениваемое как химически потребляемый кислород (ХПК), показывает биоборачываемость испытуемого образца отходов.

В перечень веществ, биоразлагаемых анаэробным способом, входят органические соединения различных классов: спирты, альдегиды, кислоты алифатического и ароматного рядов. В то же время некоторые органические соединения в анаэробных условиях разлагаются не полностью. Таким образом, «обработываемость» отходов в анаэробных условиях зависит от способности определенной микрофлоры к деградации соединений, входящих в состав отходов, а также от устойчивости микроорганизмов к токсичной органике и неорганике. Следует отметить, что биоборачываемость в анаэробных условиях перечисленных органических соединений была выявлена в результате многих исследований.

Продолжается поиск эффективных способов биоразложения полимерных отходов. Для ускорения продвижения в этом направлении необходимо расширять производство биоразлагаемых полимеров и одновременно вести разработки эффективных систем сбора и сортировки такого рода отходов.

В последнее время растет интерес к использованию биотехнологий, особенно для обработки наиболее токсичных и опасных отходов. Это касается биоразложения пестицидов, нефти, фенолов для обезвреживания отходов в почвах и в подземных водоисточниках.

Нельзя забывать, что существует общественный интерес к применению генетически модифицированных микроорганизмов для обезвреживания отходов, особенно в почвах окружающей среды.

Нет уверенности в том, что биотехнология является надежным и безопасным способом обеспечения экологической чистоты. Поэтому при обсуждении перспектив эффективного использования биотехнологии для обезвреживания различных отходов, в том числе особо опасных, всегда необходим контроль степени микробного загрязнения объектов окружающей среды и очищенных субстратов.

Сжигание твёрдых бытовых отходов (ТБО). Твердые бытовые отходы представляют собой гетерогенную смесь, в которой присутствуют почти все химические элементы в виде различных соединений. Наиболее распространенными элементами являются углерод, на долю которого приходится около 30% (по массе) и водород (4% по массе), входящие в состав органических соединений. Теплотворная способность отходов во многом определяется именно этими элементами.

В промышленной практике в настоящее время применяют два метода термической переработки ТБО, основанные на принудительном перемешивании и перемещении материала:

- слоевое сжигание на колосниковых решетках при температуре 900-1000°C;
- сжигание в кипящем слое при температуре 850-950°C (этот режим сжигания является экологически и технологически обоснованным).

На подавляющем большинстве заводов в различных странах мира используется технология слоевого сжигания с использованием в основном переталкивающих решеток. Такую технологию можно назвать традиционной. Принципиальная технологическая схема мусоросжигательного завода представлена на рис. 6.

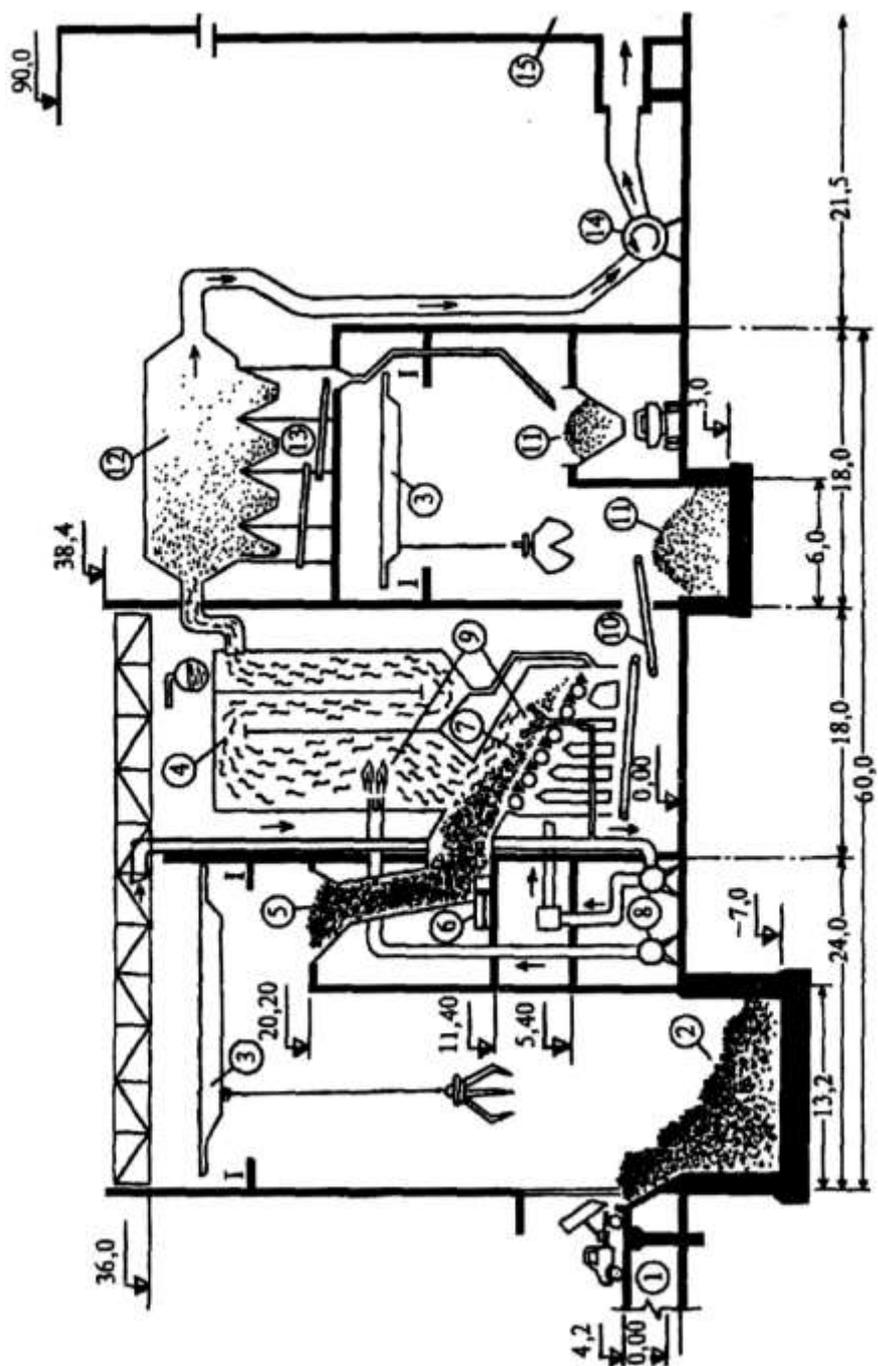


Рис. 6. Технологическая схема мусоросжигательного завода (по В.Ф. Прогасову, 2000)

1 - подъездная эстакада; 2 - бункер-накопитель мусора; 3 - грейферные краны; 4 - котлоагрегат; 5 - загрузочная воронка; 6 - гидравлический толкатель; 7 - вапковая решётка; 8 - дутьевые вентиляторы; 9 - газовые горелки; 10 - шлакоудалитель; 11 - бункер шлака; 12 - электрофильтр; 13 транспортёры золоудаления; 14 - дымосос; 15 дымовая труба

Сжигание в кипящем слое, требующее обязательной подготовки отходов к такому процессу, распространено значительно меньше (Япония, отдельные заводы в США, Норвегии, Испании), хотя в настоящее время проектируются и строятся заводы в России, Италии, Германии.

Основными преимуществами современных методов термической переработки являются: снижение объема отходов в 10 раз; эффективное обезвреживание отходов; попутное использование энергетического потенциала органических отходов. Эффективность термической переработки ТБО определяется технологией процесса, составом отходов и степенью их подготовки к сжиганию.

Сжигание ТБО, как правило, является окислительным процессом. Поэтому и в камере сжигания преобладают окислительные реакции. Главными продуктами сгорания углерода и водорода являются соответственно CO_2 и H_2O . При неполном сгорании (условия недожога) образуются нежелательные продукты: монооксид углерода CO ; низкомолекулярные органические соединения; полициклические ароматические углеводороды; сажа и др. Аналогичные соединения могут быть продуктами реакций, происходящих в зоне более холодных элементов оборудования (например, на выходе из печи, на станции газоочистки и т.п.). При сжигании необходимо учитывать, что в ТБО присутствуют потенциально опасные элементы, характеризующиеся высокой токсичностью, высокой летучестью. Например, различные соединения галогенов (фтора, хлора, брома), азота, серы, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, олова, ртути). В таблице 5.2 приведено сравнительное содержание в ТБО и земной коре ряда опасных элементов.

Таблица 2. Сравнительное содержание опасных химических элементов (по В.И. Сметанину, 2003)

| Опасный элемент | Содержание, г/т | |
|-----------------|-----------------|---------------|
| | В ТБО | в земной коре |
| Хлор | 5000-8000 | 150 |
| Бром | 30-200 | 2,4 |
| Сера | 1000-3000 | 500 |
| Медь | 200-1000 | 60 |
| Цинк | 600-2000 | 70 |
| Свинец | 400-1000 | 14 |

| | | |
|--------|-------|------|
| Ртуть | 0,5-5 | 0,1 |
| Кадмий | 5-15 | 0,15 |

За последнее десятилетие содержание в ТБО тяжелых металлов резко повысилось за счет отработанных сухих гальванических элементов, аккумуляторов, ламп накаливания, люминесцентных ламп, синтетических материалов (красители, стабилизаторы), металлических покрытий кожи и др. Например, в Германии в одной тонне ТБО в среднем содержится 300 г сухих батарей, в результате чего в городах с населением 0,5 млн. человек накапливается ежегодно около 50 т лома сухих батарей. Содержание ртути в этом ломе колеблется в пределах 1-25%, а в ломе никель-кадмиевых аккумуляторов содержится около 15% кадмия. Общее содержание кадмия в ТБО Германии составляет 10-15 мг/кг. Основными источниками кадмия являются синтетические материалы и батарейки. При сжигании ТБО 90% кадмия попадает в дымовые газы и осаждается в основном на мелких (менее 2 мкм) частицах летучей золы. Таким образом, тяжелые металлы являются специфическими выбросами мусоросжигательных заводов.

В процессе сжигания ТБО, особенно в условиях недожога, образуются весьма токсичные соединения - полихлордибензодиоксины и полихлордибензофураны.

Основные недостатки традиционных процессов сжигания ТБО, получивших распространение в мировой практике: большой объем отходящих газов (4500 - 6000 м³/т сжигаемых отходов); образование значительного количества шлака (25% по массе исходного); образование токсичной летучей золы (выход 3-5% по массе); совершенствование собственно термического процесса и оборудования.

Основная тенденция развития мусоросжигания заключается в переходе от прямого сжигания ТБО к оптимизированному сжиганию выделенной из ТБО горючей (топливной) фракции и в переходе сжигания как процесса ликвидации ТБО к сжиганию как процессу, обеспечивающему наряду с обезвреживанием отходов генерирование тепловой и электрической энергии.

Крупные мусоросжигательные заводы являются также достаточно крупными производителями тепловой и электрической энергии. Однако дорогостоящая газоочистка ухудшает экономические показатели таких заводов. В связи с этим повышается роль прямого восстановления материалов, попадающих в отходы путем: обогащения отходов, реализации первичных мероприятий, облегчающих газоочистку; уменьшения потока отходов, направляемых на сжигание за счет селективного сбора и сортировки; стабилизации состава отходов; выделения перед сжиганием не только полезных, но и опасных компонентов и др.

Современные промышленные термические процессы экологически безопасны при условии сжигания подготовленных на основе селективного сбора или механизированной сортировки ТБО и при использовании современных технологий газоочистки.

При выборе технологий и оборудования для переработки российских ТБО необходимо учитывать различие в составе и свойствах ТБО России и зарубежных стран. Как показывает опыт эксплуатации построенных на территории России и укомплектованных импортным оборудованием мусоросжигательных заводов, механический перенос европейского оборудования в условия России не является оптимальным решением, так как практически отсутствует отдельный сбор ТБО, а также далеки от совершенства технологии сбора и вывоза отходов, что, в конечном счете, приводит к высокому содержанию в ТБО влаги, негорючих и опасных в экологическом отношении компонентов.