

1. Введение. Современное состояние проблемы и утилизации промышленных отходов в России и за рубежом.

Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов. Резкий рост потребления в последние десятилетия привел к существенному увеличению объемов образования твердых бытовых отходов (ТБО).

Твердые промышленные и бытовые отходы (ТП и БО) засоряют и захламляют окружающий нас природный ландшафт. Кроме того они могут являться источником поступления вредных химических, биологических и биохимических препаратов в окружающую природную среду. Это создает определенную угрозу здоровью и жизни населения.

С другой стороны ТП и БО следует рассматривать как техногенные образования, которые нужно промышленно-значимо характеризовать содержанием в них ряда ценных практически бесплатных компонентов, черных, цветных металлов и других материалов, пригодных для использования в металлургии, стройиндустрии, машиностроении, в химической индустрии, энергетике, в сельском и лесном хозяйстве.

Решение проблемы переработки ТП и БО приобретает за последние годы первостепенное значение. Кроме того, в связи с грядущим постепенным истощением природных источников сырья (нефти, каменного угля, руд для цветных и черных металлов) для всех отраслей народного хозяйства приобретает особую значимость полное использование всех видов промышленных и бытовых отходов.

В условиях рыночной экономики перед исследователями и промышленниками, перед муниципальными властями выдвигается необходимость обеспечить максимально возможную безвредность технологических процессов и полное использование всех отходов производства.

Сложность решения всех этих проблем утилизации твердых промышленных и бытовых отходов (ТП и БО) объясняется отсутствием их

четкой научно-обоснованной классификации, необходимостью применения сложного капиталоемкого оборудования и отсутствием экономической обоснованности каждого конкретного решения.

Япония.

Территория страны слишком мала, чтобы использовать ее под мусорные полигоны. Поэтому на сегодняшний день в Японии подвергается вторичной переработке около 45% всех отходов, сжиганию - 37%, а вывоз мусора на полигон и последующее его хранение занимает всего лишь 18%. И они постоянно стремятся свести последний показатель к нулю.

Здесь перерабатывается все, что можно переработать.

Закон о рециклировании упаковок и банок действует в Японии с 1995г. В соответствии с ним, каждый житель Японии обязан сортировать и выкидывать упаковки строго в отведенные для определенного материала контейнеры. Муниципальные службы занимаются пересортировкой и хранением отходов, а производители превращают их во вторичное сырье. Обязательна переработка отходов следующих видов: всех типов стеклотары, пластиковых бутылок, банок, коробок, бумажных и пластиковых упаковок.

В соответствии с действующим законодательством утилизация мусора в Японии – это слаженный процесс, в котором успешно сотрудничают три участника: потребители, предприниматели и государственные структуры. Результат – Япония одна из самых «чистых» стран в мире.

Швеция

Швеция является примером по переработке отходов для многих европейских стран. На сегодняшний день в Швеции перерабатывается более 80% всех видов бытовых отходов. Примерно 18% оставшегося мусора сжигают. И только 2% занимает вывоз отходов на полигоны для их захоронения (при этом на территории Швеции таких свалок вы не найдете).

В Швеции широко применяется система, так называемых, «депозитов», когда в цену продукции входит стоимость ее утилизации. Поэтому в этой стране повсеместно принято не выкидывать пластиковые и стеклянные

бутылки или упаковку, а сдавать в специальные пункты приема, возмещая себе часть потраченных средств. За пивную бутылку можно получить пол кроны, за пластиковую – 4. Еще более выгодно сдавать бытовую технику и автомобили.

Все, что может нанести вред экологии: вывоз мусора, его утилизация или хранение строго контролируется государством. За незаконный вывоз мусора налагается огромный штраф. А на всех предприятиях переработки вторсырья установлены датчики по контролю за предельно допустимой концентрацией вредных веществ. Информация с этих датчиков постоянно поступает в государственные органы надзора за экологией.

Россия

По данным официальной статистики, в России ежегодно образуется от 2,7 до 3,9 млрд т отходов: 2,6 млрд т промышленных отходов; 700 млн т жидких отходов птицеводства и животноводства; 35-40 млн т ТБО; 30 млн т осадков сточных вод; 3 млн т медицинских отходов. Общий объем неутилизированных (накопленных) отходов – 82 млрд т, из них более 1,5 млрд т высокотоксичных.

Отходы медицинских учреждений составляют всего около 2% ТБО. Однако эта группа отходов опасна в эпидемиологическом отношении, так как помимо токсичных химических веществ в них присутствуют патогенные бактерии и вирусы, включая туберкулёз, чуму, сибирскую язву, гепатиты, яйца гельминтов, а также радиоактивные вещества. Количество опасных и особо опасных медицинских отходов в России составляет около 1 млн т в год. Только в Москве их ежегодно образуется около 100 тыс. т. При этом, если за последние 10–15 лет их количество возрастало на 3–4% в год, то в настоящее время прослеживается тенденция к более интенсивному росту.

Медицинские отходы оцениваются как фактор прямого и опосредованного риска возникновения инфекционных и неинфекционных заболеваний среди населения в силу возможного загрязнения практически всех элементов окружающей среды – воды, воздуха, почвы, продуктов

питания, внутрибольничной среды. Однако система их сбора, удаления, переработки и обезвреживания в настоящее время далека от совершенства.

В настоящее время основной целью обращения с отходами производства и потребления является предотвращение их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду. Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения обеспечивается посредством: профилактики заболеваний в соответствии с санитарно-эпидемиологической обстановкой и прогнозом ее изменения; контроля за выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий и обязательным соблюдением гражданами, индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами санитарных правил как составной части осуществляемой ими деятельности; лицензирования видов деятельности, представляющих потенциальную опасность для человека; государственной регистрации потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, отдельных видов продукции, радиоактивных веществ, отходов производства и потребления. Отходы подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть безопасными для здоровья населения и среды обитания, которые должны осуществляться в соответствии с санитарными правилами и иными нормативными правовыми актами.

Правовое регулирование обращения с отходами

В соответствии со ст.1 Федерального закона от 24.06.1998г. №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» под обращением с отходами понимается **«деятельность по сбору, накоплению, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов».**

ГОСТ 30772 – 2001 (п.5.15) определяет термин **«обращение с отходами** как виды деятельности, связанные с документированными (в том числе паспортизированными) организационно-технологическими операциями регулирования работ с отходами, включая предупреждение,

минимизацию, учет и контроль образования, накопления отходов, а также сбор, размещение, утилизацию, обезвреживание, транспортирование, хранение, захоронение, уничтожение и трансграничные перемещения».

Этим же ГОСТом 30772 – 2001 (п.5.16) определено, что **«регулирование работ по обращению с отходами»** – это организационно – методическая деятельность по учету, контролю (на основе документирования в рамках паспортизации, стандартизации, сертификации информации) отходов и надзору за операциями образования, накопления, сбора, сортировки, транспортирования, сваливания, хранения, обслуживания санкционированных мест размещения отходов,, а также утилизации, захоронения и /или уничтожения».

Практически понятие **«обращение отходов»** соответствует понятию **«технологический цикл отходов»** - как последовательность технологических процессов ликвидации конкретных отходов (ГОСТ 30773 – 2001, п.3.5).

Рассмотрим понятие каждой стадии обращения.

Сбор отходов – прием или поступление отходов от физических лиц и юридических лиц в целях дальнейшего использования, обезвреживания, транспортирования, размещения таких отходов (ст.1 ФЗ №89-ФЗ), а в соответствии с ГОСТ 30772 – 2001 (п.5.26). **Сбор отходов** – деятельность связанная с изъятием отходов, в течение определенного времени из мест их образования, для обеспечения последующих работ по обращению с отходами.

Накопление отходов - временное складирование отходов (на срок не более чем шесть месяцев) в местах (на площадках), обустроенных в соответствии с требованиями [законодательства](#) в области охраны окружающей среды и [законодательства](#) в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в целях их дальнейшего использования, обезвреживания, размещения, транспортирования (ст.1 ФЗ №89-ФЗ).

Использование отходов - применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии (ст.1 ФЗ №89-ФЗ).

Обезвреживание отходов - обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду(ст.1 ФЗ №89-ФЗ).

Транспортирование отходов - перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя либо предоставленного им на иных правах (ст.1 ФЗ №89-ФЗ), а в соответствии с ГОСТ 30772 – 2001 (п.5.28) это – деятельность, связанная с перемещением отходов между местами или объектами их образования, накопления, хранения, утилизации, захоронения и /или уничтожения..

Размещение отходов - хранение и захоронение отходов (ст.1 ФЗ №89-ФЗ);

Размещение отходов - деятельность, связанная с завершением комплекса операций по осуществлению хранения и/или захоронения отходов (ГОСТ 30772-2001, п.5.30).

При применении данного понятия весьма важно знать значение терминов «захоронение» и «хранение».

Захоронение отходов - изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду (ст.1 ФЗ №89-ФЗ).

Захоронение отходов – размещение отходов в назначенном месте для хранения в течение ограниченного срока, исключаящего опасное воздействие захороненных отходов на незащищенных людей и окружающую среду (ГОСТ 30772-2001, п.4.9.).

Хранение отходов - содержание отходов в объектах размещения отходов в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования (ст.1 ФЗ №89-ФЗ).

Хранение отходов – режим (вид) существования отходов, заключающийся в их нахождении в определенном месте. В определенных заданных или известных условиях в течение определенного интервала времени, с целью последующей обработки, транспортирования, использования, уничтожения или захоронения (ГОСТ 30772 – 2001), п.5.56). При хранении отходов необходимо выполнять требуемые условия безопасности для персонала, осуществляющего операции, сопутствующие хранению, и окружающей природной среде.

Трансграничное перемещение отходов - перемещение отходов с территории, находящейся под юрисдикцией одного государства, на территорию (через территорию), находящуюся под юрисдикцией другого государства, или в район, не находящийся под юрисдикцией какого-либо государства, при условии, что такое перемещение отходов затрагивает интересы не менее чем двух государств (ст.1 ФЗ №89-ФЗ).

Мы рассмотрели с Вами понятие **«Обращение с отходами»**.

А теперь рассмотрим, что такое **«организация деятельности по обращению с отходами»**.

Для обеспечения осуществления организации деятельности по обращению с отходами необходимо разработать и принять группу мер по принятию управленческих решений. (см.Табл.1)

Принятие эффективных своевременных управленческих решений в области обращения с отходами производства и потребления позволит создать замкнутые циклы оборота отходов определенных видов или оптимизировать направления их потоков, а также не допустить нарушений в области обращения с отходами, приводящим к штрафным санкциям.

Что касается организации деятельности по обращению с отходами на территории муниципальных образований для этого необходимо обратиться к Федеральным законам:

Ст7 ФЗ от 10.01.2002г. №7-ФЗ « Об охране окружающей среды»;

Ст.8 ФЗ от 24.06.1998 года №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»;

Ст.14;ст15; ст.16 ФЗ от 06.10.2003г. №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» .

К вопросам местного значения поселения относятся:

-организация сбора и вывоза бытовых отходов и мусора.

К вопросам местного значения муниципального района относятся:

- организация утилизации переработки бытовых и промышленных отходов;

К вопросам местного значения городского округа относятся:

- организация сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов;

Согласно вышеуказанных законов:

- **поселениям** необходимо решить вопрос по выделению организаций занимающихся сбором и вывозом отходов на территории поселения. Для этого необходимо разработать тарифы на сбор и вывоз, а также на размещение отходов. Охватить договорами на данное обслуживание юридических лиц, физических лиц и частный сектор – все на 100%. Необходимо также разработать нормативы накопления отходов на душу населения.

-**муниципальным районам и городским округам** необходимо организовать размещение отходов.

Перед ними стоит задача как можно меньше организовать объектов размещения отходов. Если раньше в каждом поселении имелись свои свалки, то сегодня ведется политика (**минимизации объектов размещения отходов**) необходимо выделить порядка 2-3 объектов размещения отходов, а в добавок

ко всему решить вопрос по строительству именно полигонов, но ни в коем случае свалок

Нормативно-правовая база в области обращения с твердыми бытовыми отходами

1. Ст7 ФЗ от 10.01.2002г. №7-ФЗ « Об охране окружающей среды»;
- 2.Ст.8 ФЗ от 24.06.1998 года №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»;
- 3.Ст.14;ст15; ст.16 ФЗ от 06.10.2003г. №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»;

К вопросам местного значения поселения относятся:

- организация сбора и вывоза бытовых отходов и мусора.

К вопросам местного значения муниципального района относятся:

- организация утилизации переработки бытовых и промышленных отходов;

К вопросам местного значения городского округа относятся:

- организация сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов;

ст.12 и ст13 ФЗ №89-ФЗ « Об отходах производства и потребления»

ст.12 – Требования к объектам размещения отходов;

ст.13- Требования к обращению с отходами на территориях муниципальных образований;

4.Федеральный [закон](#) "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ (и [Положение](#) о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. N 554;

5.Постановление Главного государственного санитарного врача от 30.05.2001г. №16 « О введении в действие санитарных правил "Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. СП 2.1.7.1038-01";

6. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов от 2.11.1996г., утверждена Министерством строительства Российской Федерации.

7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитная зона и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»;

8. СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест».

ДЕ 2. Классификация промышленных отходов

Промотходы зачастую являются химически неоднородными, сложными поликомпонентными смесями веществ, обладающими различными химико-физическими свойствами, представляют токсическую, химическую, биологическую, коррозионную, огне- и взрывоопасность. Существует классификация отходов по их химической природе, технологическим признакам образования, возможности дальнейшей переработке и использования. В нашей стране вредные вещества характеризуется по пяти классам опасности, от чего зависят затраты на переработку и захоронение:

1. **Чрезвычайно опасные.** Отходы, содержащие ртуть и ее соединения, в том числе сулему (HgCl_2), хромовокислый и цианистый калий, соединения сурьмы, в том числе SbCl_3 – треххлорную сурьму, бенз-а-пирен и др.

2. **Высоко-опасные.** Отходы, содержащие хлористую медь, содержащие сульфат меди, щавелевокислую медь, трехокисную сурьму, соединения свинца.

3. **Умеренно-опасные.** Отходы, оксиды свинца (PbO , PbO_2 , Pb_3O_4), хлорид никеля, четыреххлористый углерод.

При остром травлении хлоридом никеля (NiCl_2) возникает возбуждение, угнетение; покраснение слизистых оболочек и кожи; понос. Длительное воздействие вызывает снижение числа эритроцитов, но многими животными это переносится не очень болезненно.

4. **Малоопасные.** Отходы, содержащие сульфат магния, фосфаты, соединения цинка, отходы обогащения полезных ископаемых флотационным способом с применением аминов.

5. **Не опасные.**

Принадлежность к группам определяется по классификатору промышленных отходов, расчетным путем, если известны гигиенические параметры вещества (например, ПДК) и экспериментальным путем. Отходы всех классов делятся на твердые, пастообразные, жидкие, пылевидные или газообразные. Твердые отходы: пришедшая в негодность тара из металлов, дерева, картона, пластмасс, обтирочные материалы, отработанные фильтроматериалы, обрезки полимерных труб, кабельной продукции. Пастообразные: шламы, смолы, осадки с фильтров и отстойников от очистки емкостей теплообменников. Жидкие: сточные воды, содержащие органические и неорганические, не подлежащие приему на биоочистку ввиду высокой токсичности. Пылевидные (газообразные): сдувки от дыхательных трубок емкостного оборудования, выбросы из участков обезжиривания, окраски продукции. По химической устойчивости отходы различаются: взрывоопасные, самовозгорающиеся, разлагающиеся с выделением ядовитых газов, устойчивые. Отходы могут быть растворимые и нерастворимые в воде. По происхождению: органические, неорганические, смешанные отходы.

В промышленно развитых странах доля расходов на реализацию экологических способов производства от стоимости конечной продукции 30 – 50 %. В нашей стране до сих пор экономика промышленного производства недостаточно учитывает или не учитывает совсем убытки от деградации природной среды, себестоимость продукции определяется без учета стоимости природы.

Промотходы зачастую являются химически неоднородными, сложными поликомпонентными смесями веществ, обладающими различными химико- физическими свойствами и представляют собой

различного вида опасность для здоровья человека и состояния окружающей среды.

Помимо общепринятой классификации промышленных отходов по классам опасности, о которой мы уже говорили, существует огромное множество различных дополнительных классификаций.

На практике чаще всего используют **три** следующих способа классификации отходов:

- *по агрегатному состоянию;*
- *по происхождению;*
- *по видам воздействия на природную среду и человека.*

По происхождению различают:

- промышленные отходы;
- сельскохозяйственные отходы и
- бытовые отходы.

По агрегатному состоянию отходы делятся на:

- твердые;
- пастообразные;
- жидкие;
- пылевидные;
- газообразные.

Твердые отходы: пришедшая в негодность тара из металлов, дерева, картона, пластмасс, обтирочные материалы, отработанные фильтроматериалы, обрезки полимерных труб, кабельной продукции.

Пастообразные: шламы, смолы, осадки с фильтров и отстойников от очистки емкостей теплообменников.

Жидкие: сточные воды, содержащие органические и неорганические примеси, не подлежащие приему на биоочистку ввиду высокой токсичности.

Пылевидные: различного рода токсичные пыли.

Газообразные: сдувки от дыхательных трубок емкостного оборудования, выбросы из участков обезжиривания, окраски продукции.

По видам воздействия на природную среду и человека выделяют:

- токсичные отходы;
- радиоактивные отходы;
- пожароопасные отходы;
- взрывоопасные отходы;
- самовозгорающиеся отходы;
- коррозионные отходы;
- реакционно-способные отходы;
- отходы, вызывающие инфекционные заболевания;
- опасные отходы.

По химической устойчивости отходы различаются: взрывоопасные, самовозгорающиеся, разлагающиеся с выделением ядовитых газов, устойчивые. Отходы могут быть растворимые и нерастворимые в воде, органические, неорганические, смешанные отходы.

Классификация отходов осуществляется также по следующим факторам:

- 1) по физическим свойствам;
- 2) по методам утилизации и ликвидации;
- 3) по методам обезвреживания и переработки;
- 4) по источнику образования.

ДЕ 3. Характеристика объекта размещения отходов. Проектирование и эксплуатация полигонов по захоронению отходов

К объектам по захоронению отходов относят:

1. Полигоны - участки территории, предназначенные для размещения отходов и оснащенные специальными устройствами и техникой.

2. Отвалы - искусственные насыпи из "пустых" пород, некондиционных полезных ископаемых, хвостов обогащения и т.п., расположенные на специально отведенных территориях или в выработанном пространстве карьеров при открытой разработке месторождений.

3. Терриконы - отвалы "пустых" пород, извлекаемых из шахт на поверхность земли.

4. Хвосты (хвостохранилища) - отходы обогащения полезных ископаемых, в которых содержание ценного компонента ниже, чем в исходном материале.

5. Накопители - предназначены для отходов, характеризующихся высокой степенью влажности, в связи с чем предусматривается гидроизоляция отходов (железобетонные и металлические ванны, бетонирование основания или экранирование полиэтиленовой пленкой или др. материалами).

При разработке новых ресурсосберегающих и экологических технологических процессов, необходимо обезвреживание отходов на стадии вывода из технологического процесса, но при современном развитии науки и техники невозможно исключить образование не утилизируемых, не подлежащих сжиганию, не поддающихся нейтрализации токсичных отходов.

В этом случае целесообразно захоронение отходов такого рода в специально создаваемых для этого хранилищах, где можно будет захоронить промышленные отходы для их использования в будущем.

Использование хранилищ промышленных отходов

Для захоронения отходов промышленности целесообразно использовать резервуары в геологических формациях:

- гранит,
- вулканические породы,
- туфы,
- соляные толщи,
- гипс
- глина и др.

Такого рода хранилища могут существовать как самостоятельно, так и совместно с горнодобывающими предприятиями на его шахтном поле.

В течение последних 70-ти лет наша страна была и остается сейчас крупнейшим поставщиком разнообразных полезных ископаемых, при добыче которых образуются порядка нескольких миллиардов м³ пустот, непогашенных или постепенно погашаемых выработанных пространств, пригодных в большей или меньшей степени для захоронения промышленных отходов, в том числе радиоактивных.

При размещении отходов необходимо соблюдать ряд определенных условий и ограничений:

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

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

- Неглубокие – В зоне аэрации и активного водообмена;
- Среднеглубокие – Ниже зоны активного водообмена, в пределах пластовых температур 50 – 70 С;
- Глубокие – на глубине свыше 2000 м.

Существуют предложения по нетрадиционным способам создания подземных емкостей посредством энергии.

В итоге: *хранилище токсичных промышленных отходов* – сложная геотехническая система, составными элементами которой являются компоненты геологической среды (массив горных пород, подземные воды) и наземно-подземные инженерные сооружения (выработки, скважины, коммуникации).

Хранение взрывоопасных отходов

Хранение взрывоопасных отходов, представляющих некоторую ценность в будущем после создания технологий их переработки и использования, наиболее целесообразно в подземных хранилищах с повышенными мерами безопасности и возможной флегматизацией (введение в состав взрывч. веществ примесей, снижающих их чувствительность к внеш. воздействиям или уменьшающих скорость их горения и увеличивающих хим. стабильность).

Уничтожение взрывоопасных отходов связано *со значительными затратами на обеспечение безопасности процесса*. Требования к размещению хранилищ взрывоопасных отходов аналогичны общим защитным мероприятиям для хранения промышленных отходов.

Воздействиями, инициирующими возможный их взрыв, являются механические удары, трение, высокие температуры, электрическая искра или блуждающие токи, химическая реакция между компонентами, близкий взрыв.

Для предотвращения негативных последствий захоронения взрывоопасных отходов, помимо общих требований для изоляции промотходов из биосферы, *необходимо*:

1. Помещение взрывоопасных отходов в тару для предохранения от всех видов инициирующих воздействий;
2. Достаточное удаление от системы ЛЭП;
3. Использование качественной электропроводки для освещения подсобных помещений;

4. Предохранение от нежелательных химических реакций, в том числе путем низкой температуры хранения и уже упомянутой флегматизации;

5. Безопасные транспортировка, погрузки-разгрузки взрывоопасных отходов.

Наземные полигоны

Наземные полигоны для хранения промышленных отходов являются и должны использоваться в качестве временных, промежуточных пунктов на пути в хранилища.

Централизованный сбор, транспортировка, обезвреживание и захоронение не утилизируемых токсичных промышленных отходов обеспечивают эффективную санитарную очистку городов.

Количество и разнообразие токсичных промышленных отходов в настоящее время так велико, что обезвреживание этих отходов на самих предприятиях экономически нецелесообразно.

Все эти отходы из-за химических и физических свойств не могут быть обезврежены и уничтожены с соблюдением мер безопасности и охраны окружающей среды совместно с бытовыми отходами, поэтому появилась необходимость создания региональных полигонов по обезвреживанию и захоронению не утилизируемых токсичных промышленных отходов.

Полигоны для захоронения отходов **являются** природоохранными сооружениями, предназначенными для регулярного централизованного сбора, удаления, обезвреживания и хранения не утилизируемых отходов. Количество и мощность полигонов для каждого региона обосновывается технико-экономическими расчетами.

При организации полигонов для захоронения отходов важное значение имеют:

- правильный выбор площадки;
- создание необходимых инженерных сооружений;
- порядок заполнения полигона отходами;
- глубина предварительной обработки отходов;

- проведение мониторинга окружающей среды;
- контроль за образованием, сбором и транспортировкой биогаза;
- контроль за образованием, сбором и удалением фильтрата.

В составе полигона следует предусматривать:

- завод по обезвреживанию токсичных промышленных отходов;
- участок захоронения токсичных промышленных отходов;
- гараж специализированного автотранспорта, предназначенного для перевозки токсичных промышленных отходов.

Завод по обезвреживанию токсичных промышленных отходов предназначен для сжигания и физико-химической переработки отходов с целью их обезвреживания или понижения токсичности (класса опасности), перевода их в нерастворимые формы обезвреживания и сокращения объема отходов, подлежащих захоронению.

Участок захоронения токсичных промышленных отходов представляет собой территорию, предназначенную для размещения специально оборудованных карт(котлованов), в которые складировются токсичные твердые отходы различных классов опасности, а также вспомогательных зданий и сооружений.

В соответствии с современными требованиями захоронение отходов должно быть оборудовано следующими отдельными инженерными сооружениями:

- уплотненным основанием из минеральных слоев в комбинации с искусственными материалами;
- проездами;
- сооружениями по сбору просачивающейся воды и ее очистке;
- сооружениями по сбору и утилизации выделяющегося газа;
- сооружениями по защите ландшафта с помощью рекультивации земель.

Полигоны размещают в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых незатопляемых местах, на которых возможно выполнение

необходимых инженерных работ. Вокруг полигона на расстоянии не менее 3000 м должна быть создана санитарно-защитная зона.

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

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

Дефицит площади для захоронения отходов вблизи крупных городов можно уменьшить путем организации сети перегрузочных станций, где отходы должны сортироваться, измельчаться и накапливаться по видам. Это позволяет сократить их объем и использовать для захоронения более удаленные полигоны.

Полигоны размещаются на участках со слабо фильтрующими грунтами (глина, суглинок, сланцы и т. д.), имеющими коэффициент фильтрации не более 0,00001 см/с. Уровень грунтовых вод при их наибольшем подъеме должен составлять не менее 2 м от нижнего уровня захороняемых отходов (как правило, заглубленного на 7—15 м).

Главными конструктивными элементами участка захоронения отходов являются:

- герметизирующая облицовка,
- защитный облицовочный слой,
- дренажный слой для фильтрата
- и верхнее покрытие.

Для обеспечения герметичности применяют минеральные (глиняные) покрытия, полимерные пленочные материалы (например, полиэтилен высокого давления), покрытия из асфальтобетона, а также усиление почвы бентонитом.

Захоронение должно быть оборудовано надежной системой сбора и удаления фильтрата. Для обеспечения хорошего дренажа на все основание

хранилища поверх герметизирующего покрытия укладывают высокопористый слой какого-либо материала, например щебня.

Приему на полигон не подлежат следующие виды отходов:

- отходы, для которых разработаны эффективные методы извлечения металлов или других веществ (отсутствие методов утилизации и переработки отходов в каждом конкретном случае должно быть подтверждено соответствующими министерствами);
- радиоактивные отходы;
- нефтепродукты, подлежащие регенерации.

Технологическая схема работы полигона

Технологическая схема работы полигона должна предусматривать следующие основные мероприятия, позволяющие регулярно и организованно, с соблюдением мер безопасности, удалять не утилизируемые токсичные промышленные отходы предприятий и организаций, обезвреживать их и надежно захоранивать, обеспечив защиту окружающей среды:

- организацию сбора не утилизируемых токсичных промышленных отходов на предприятиях-поставщиках;
- организацию транспортировки токсичных отходов на полигон;
- организацию приема, обезвреживания и захоронения токсичных отходов на полигоне.

При ***организации сбора токсичных промышленных отходов*** на предприятиях-поставщиках следует руководствоваться документом «Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации)" и санитарными правилами «Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов".

Способ временного хранения отходов определяется их физическим состоянием и классом опасности веществ — компонентов отходов. При

наличии в составе отходов веществ различного класса опасности их следует относить к токсичным на основании нормативного материала

Временное хранение отходов необходимо осуществлять в стационарных складах. Допускается временное хранение отходов на специальной площадке под навесом при соблюдении определенных условий. Хранение токсичных отходов в открытом виде (навалом, насыпью) или в негерметичной открытой таре как на складе, так и на специальной площадке не допускается.

Транспортировка токсичных промышленных отходов на полигон, как правило осуществляется специализированным транспортом полигона. Весь автотранспорт, предназначенный для транспортировки отходов должен быть переоборудован с целью:

- обеспечения механизации погрузки и выгрузки отходов;
- исключения возможности потери отходов и загрязнения окружающей среды при транспортировке;
- обеспечения удобства и безопасности обслуживания.

Обезвреживание токсичных промышленных отходов

Жидкие негорючие отходы, поступающих на полигон, перед захоронением следует обезвреживать и при технической возможности обезвреживать (понижение валентности некоторых металлов, перевод в нерастворимые соединения).

Жидкие, твердые и пастообразные горючие отходы, поступающие на полигон, следует сжигать в печах по возможности с утилизацией физического тепла продуктов сгорания, с последующей очисткой отходящих газов от вторичных вредных веществ.

Твердые и пастообразные негорючие отходы, содержащие растворимые вещества 1 класса опасности, как правило, при технической возможности перед захоронением подлежат частичному обезвреживанию, заключающемуся в переводе токсичных веществ в нерастворимые соединения. Допускается при соответствующем технико-экономическом

обосновании непосредственное захоронение твердых и пастообразных негорючих отходов, содержащих растворимые вещества 1 класса опасности, в герметичных металлических контейнерах.

Типы захоронения

Как мы уже отметили ранее существуют *два основных типа захоронения: наземное и подземное.*

Подземные захоронения — шахты, пустоты, скважины, старые нефтяные поля и другие выработки — используются в основном для размещения опасных и радиоактивных отходов.

Наземные захоронения различных видов (рис. 1) используют для размещения бытового и строительного мусора, а также промышленных отходов с точно учтенным небольшим содержанием токсичных компонентов.

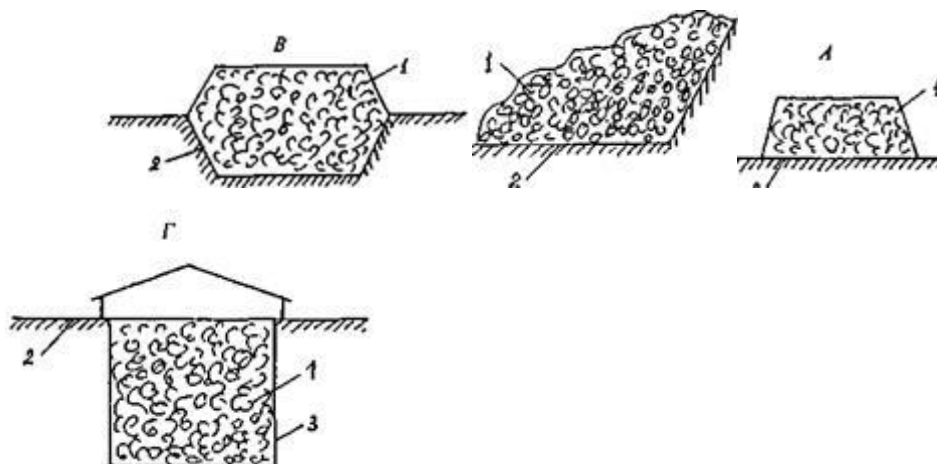


Рис.1.Виды наземных захоронений отходов: А - отвальный тип захоронения; Б - захоронение на склонах; В - захоронение в котлованах; Г - захоронение в подземном бункере; 1 - отходы; 2 - гидроизоляция; 3 – бетон.

Захоронения отвального типа имеют следующие преимущества:

- основание захоронения расположено на земной поверхности;
- имеется хорошая возможность контроля за уплотнением размещаемого материала;
- отвод вод происходит без использования насосов;

- имеется хороший контроль за состоянием дренажных систем.

Недостатки захоронений отвального типа состоят в:

- сложности оценки устойчивости откосов, особенно при большой высоте захоронения;
- высоких сдвиговых напряжениях на основании откосов;
- необходимости использования специальных строительных конструкций для повышения устойчивости захоронения;
- создании эстетической нагрузки на ландшафт.

Захоронения на склонах в отличие от рассмотренных захоронений отвального типа *требуют дополнительной защиты тела захоронения от сползания и от смыва водой, стекающей по склону.* Защита осуществляется с помощью строительных конструкций.

Захоронение в котлованах в меньшей степени влияет на ландшафт и не создает опасности, связанной с устойчивостью. *Однако оно требует* отвода вод с помощью насосов, так как основание расположено ниже поверхности земли. Такое захоронение создает дополнительные трудности для гидроизоляции боковых склонов и основания захоронения отходов, а также требует постоянного контроля за дренажными системами.

Захоронения в подземных бункерах по всем параметрам более удобны и экологически чисты, однако из-за больших капитальных затрат на их сооружение они могут использоваться только для удаления небольших количеств отходов.

Укладка отходов должна осуществляться слоями толщиной не более 2 м при обязательном уплотнении, обеспечивающем наибольшую компактность и отсутствие пустот, что особенно важно при захоронении крупногабаритных отходов. Уплотнение отходов при захоронении необходимо не только для максимального использования свободного пространства, но и для исключения проблем, связанных с последующим оседанием тела захоронения. Кроме того, рыхлое тело захоронения, имеющее плотность ниже $0,6 \text{ т/м}^3$, усложняет контроль за фильтратом, так как в теле

неизбежно возникает множество каналов, затрудняющих его сбор и удаление.

Степень компактирования отходов зависит от используемого оборудования, природы отходов и способа их размещения. Для компактирования отходов применяют обычные дорожные машины, такие как бульдозеры на гусеничном ходу, а также специальные тяжелые компакторы со стальными зубчатыми колесами. Использование компакторов позволяет уплотнять тело захоронения до 0,7—0,8 т/м³. Послойное перекрытие всего основания небольшими слоями отходов равномерной толщины более целесообразно, чем укладка отходов на всю высоту захоронения, но на отдельных участках.

Однако иногда, прежде всего по экономическим соображениям, заполнение хранилища производят посекционно. Основными причинами секционного заполнения являются необходимость разделения различных типов отходов в пределах одного полигона, а также стремление к уменьшению площадей, на которых образуется фильтрат.

Некоторые специалисты считают, что уложенный слой отходов после компактирования должен ежедневно пересыпаться грунтом, что позволяет снизить опасность переноса инфекций грызунами и птицами, а также исключить загрязнение местности при ветреной погоде. При больших площадях полигона это не всегда выполняется из-за технических и экономических трудностей. Более выгодным является использование для временного укрытия тела захоронения полимерных пленок, синтетических разрушающихся пен и других материалов.

После завершения захоронения его необходимо гидроизолировать сверху и провести рекультивацию земель. Такие захоронения должны быть защищены от дальнейшего проникновения осадков и вод просачивания. Делается это не сразу после завершения захоронения, а после окончания биологических процессов в теле захоронения и полного прекращения выделения газов. В противном случае закрытое захоронение может

превратиться в бомбу замедленного действия. Поскольку при захоронении отходов на неорганизованных свалках не выполняются современные требования по гидроизоляции, то эти свалки являются источником загрязнения грунтовых вод и почвы.

На полигоне организуется две зоны: производственная, предназначенная для захоронения отходов, и зона подсобно-бытового назначения, разделенные полосой шириной не менее 25 м.

Полигон должен иметь по периметру за кольцевым каналом проволочное ограждение высотой 2,4 м и озеленение густорастущим кустарником.

Территория полигона должна круглосуточно охраняться, доступ посторонних лиц на полигон категорически запрещается. При проектировании полигонов следует ориентироваться на внедрение автоматических средств охраны.

Инвентаризация свалок

Инвентаризации подлежат все места хранения отходов производства и потребления.

Инвентаризация представляет собой систематизацию сведений о местах хранения отходов производства и потребления и проводится с целью:

- определения площадей, занятых под места хранения отходов;
- оценки заполнения и наличия свободных объемов в местах хранения и захоронения отходов;
- определения основного вида отходов в местах хранения отходов;
- оценки условий и состояния мест хранения отходов;
- оценки степени влияния мест хранения отходов на окружающую среду;
- выявления, регистрации и ведения учета мест организованного и неорганизованного хранения, а также отвалов, шламо-, золо- и хвостохранилищ;

- определение наличия проектной документации на объект размещения отходов, прошедшего государственную экологическую экспертизу и государственную экспертизу, проведенную в рамках Градостроительного Кодекса Российской Федерации;

- определения соответствия объекта размещения отходов экологическим, строительным и санитарным нормам и правилам;

- определения наличия у собственника объекта размещения отходов или эксплуатирующей его организации лицензии на деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов 1-4 класса опасности;

- составления территориальных схем размещения объектов хранения отходов.

Согласно Приказа МПР России от 11.09.2003 №829 «О ведении государственного реестра объектов размещения отходов» ведение государственного реестра объектов размещения отходов возложено на территориальные органы МПР России .

Согласно данного приказа необходимо проведение инвентаризации всех объектов размещения отходов.

В настоящее время государственный реестр объектов размещения отходов отсутствует.

В связи с постановлением Администрации Ростовской области от 13.04.2010 №218 « О порядке ведения регионального кадастра отходов производства и потребления Ростовской области» комитетом ведется реестр объектов размещения отходов и проведена инвентаризация свалок.

ДЕ 4. Технологии, методы и способы переработки промышленных отходов

Миллионы тонн промышленных отходов образуются в результате жизнедеятельности крупнейших индустриальных центров России. К ним ежедневно добавляются отходы коммунально-городского хозяйства, включая твердые бытовые отходы. Совокупный рост объемов ТПО и ТБО

составляет примерно 5% в год. С другой стороны, при развитии мощностей по переработке отходов существенно возрастает потребность в площадках для новых установок. Уже в настоящее время проблема размещения стала основным сдерживающим моментом в развитии производств по переработке ТПБО. В большинстве стран Европы и Северной Америки управление потоками ТПБО включает ряд обязательных этапов. К их числу относятся: программы по снижению объемов образования ТПБО, широкое внедрение их вторичного использования, применение соответствующих фракций ТПБО в качестве сырья для основных производственных процессов, утилизация энергетического потенциала отходов, захоронение остатков ТПБО, не обладающих никакими полезными свойствами на экологически нейтральных полигонах.

Фактически формула обращения с ТПБО в развитых странах воплощает принцип устойчивого развития и может быть кратко представлена следующим перечнем операций:

- редукция;
- вторичное использование;
- переработка;
- извлечение энергии;
- захоронение остатков.

Полнота осуществления данной формулы в различных странах определяется конкретными экологическими, сырьевыми, демографическими и другими условиями. В целом европейскими странами принята в настоящее время стратегия, в соответствии с которой возобновляемые источники энергии, к числу которых относятся ТПБО, должны составлять в их энергобалансе 10-15% к 2015 году.

В связи с разнообразием веществ и материалов, подпадающих под категорию ТПБО, и различными технологиями и переработки до настоящего времени не существует единого подхода к созданию типового перерабатывающего завода. Сейчас стратегии управления ТПБО

осуществляются посредством химико-технологических систем удаления отходов, которые фактически являются инструментом их воплощения. Структура такой ХТС является прямым отражением экономической и экологической политики государства.

Так, во многих регионах РФ, странах СНГ, части Восточной Европы и в развивающихся странах реальные ХТС включают две основных системы - источник ТПБО и свалку. В большинстве экологически развитых стран ХТС удаления ТПБО включают спектр методов и производств, позволяющих осуществлять индивидуальную переработку и обезвреживание различных ингредиентов. Вместе с тем, все современные ХТС включают полигоны захоронения ТБО, куда поступают непрореагировавшие остатки от переработки отходов.

Таким образом, при выборе методов и оборудования переработки твердых отходов существенную роль играют их состав, количество, цена и экологическая безопасность. В РФ вторичную переработку осуществляют по четырем основным вариантам: *обезвреживание, извлечение полезных веществ, уничтожение и захоронение*. Анализ соответствующих процессов позволил сформировать основное требование к их разработке: технологический процесс должен потреблять минимальное количество реагентов и энергозатрат, а продукт вторичной переработки должен обладать потребительской ценностью.

Обезвреживание твердых отходов

Для обезвреживания твердых отходов часто применяют метод их капсулирования, заключающийся в обволакивании токсичного отхода инертной пленкой, например, стеклообразной или полимерной. Используемый метод переплавки отходов заключается в выжигании вредных компонентов, формировании новой структуры вторичных материальных ресурсов и их потребительских свойств: размеров, цвета и т.п. Химические методы позволяют получать из отходов новые продукты: твердые органические отходы путем гидрирования превращают в жидкое и

газообразное топливо. Использование цемента для фиксации отходов является в настоящее время наиболее распространенным методом. Технология применяется для отходов, содержащих воду, которая необходима для реакции цементирования. Недостаток метода - увеличение объема отходов и возможная деградация цемента при низких значениях pH. Применяется для неорганических отходов, особенно тяжелых металлов, а также радиоактивных веществ. Для фиксации с использованием органических полимерных материалов готовится смесь отходов с соответствующими смолами или мономерами, затем вводится катализатор, обеспечивающий полимеризацию и создание объема фиксированного материала. Обычно отходы не связываются химически с полимером. Происходит микрообвалакивание органической оболочкой. Для обработки отходов обычно используются формальдегидные, виниловые и полиэфировые соединения. Такой монолит обладает сопротивлением на сжатие на уровне бетона. Недостаток метода - возможность появления ядовитых паров в процессе полимеризации.

Извлечение ценных компонентов из ВМР

Для извлечения ценных компонентов из ВМР используют методы экстрагирования и кристаллизации. *Экстрагирование* - извлечение из твердого вещества одного или *нескольких* компонентов с помощью растворителя. При этом извлекаемые компоненты переходят из твердой фазы в растворитель. Для последующего выделения целевого компонента из смеси с экстрагентом применяют выпаривание или ректификацию. Используются следующие основные типы экстракторов: смесительно-отстойные, колонные и центробежные. *Кристаллизация* - выделение твердой фазы в виде кристаллов из растворов или расплавов. Процесс характеризуется переходом вещества из жидкой фазы в твердую вследствие изменения его растворимости. Далее выделенный кристаллический продукт подлежит вторичному использованию, а фильтрат подвергается дальнейшей переработке.

Термическое обезвреживание токсичных промышленных отходов

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

Жидкофазное окисление

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

Интенсивность окисления в жидкой фазе способствует высокая концентрация растворенного в воде кислорода, значительно возрастающая при высоком давлении. В зависимости от давления, температуры, количества примесей и кислорода, продолжительности процесса органические вещества окисляются с образованием органических кислот (в основном CH_3COOH и HCOOH) или с образованием CO_2 , H_2O и N_2 .

Элементоорганические соединения в щелочной среде окисляются с образованием водных растворов хлоридов, бромидов, фосфатов, нитратов и оксидов металлов, а при окислении азотосодержащих веществ, помимо нитратов, образуется значительное количество аммонийного азота.

Для жидкоплазменного окисления требуется меньше энергетических затрат, чем другие методы, но является более дорогостоящим, кроме этого к недостаткам метода относится высокая коррозионность процесса, образование накипи на поверхности нагрева, неполное окисление некоторых веществ, невозможность окисления сточных вод с высокой теплотой сгорания.

Применение метода целесообразно при первичной переработке отходов.

Гетерогенный катализ

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

Термокаталитическое окисление можно использовать для обезвреживания газообразных отходов с низким содержанием горючих примесей. Процесс окисления на катализаторах осуществляется при температурах меньших, чем температура самовоспламенения горючих составляющих газа. В зависимости от природы примесей и активности катализаторов окисление происходит при температуре 250 - 400° С и в установках различных размеров.

В термокаталитических реакторах успешно окисляются СО, Н₂, углеводороды (УВ), NH₃, фенолы, альдегиды, кетоны, пары смол, канцерогенные и др. соединения с образованием СО₂, Н₂О, N₂. Степень окисления вредных веществ 98 –99.9 %. Для увеличения удельной поверхности катализации используется пористые керамические устройства из Al₂O₃ и оксидов других металлов, тоже обладающих каталитической активностью.

Современные промышленные катализаторы глубокого окисления при температуре до 600 – 800° С не следует применять при большом содержании пыли и водяных паров. Неприменим метод и для переработки отходов, содержащих высококипящие и высокомолекулярные соединения, вследствие неполноты окисления и забивания поверхности катализаторов. Нельзя применять термокаталитическое окисление при наличии в отходах даже в небольших количествах Р, Рb, As, Hg, S, галогенов и их соединений, так как это приводит к дезактивации и разрушению катализаторов.

Термокаталитическое восстановление используется для обезвреживания газообразных отходов, включающих в себя нитрозные газы – содержащие NO_x.

Профазное каталитическое окисление применимо для перевода органических примесей сточных вод в парогазовую фазу с последующим окислением кислородом. При содержании в сточных водах неорганических и нелетучих веществ возможно дополнение данного процесса огневым методом или другими видами обезвреживания отходов.

В целом методы гетерогенного катализа нецелесообразно использовать в качестве самостоятельного способа обезвреживания токсичных отходов, а только как отдельную ступень в общем, технологическом цикле.

Пиролиз промышленных отходов

Существует два различных типа пиролиза токсичных промышленных отходов.

Окислительный пиролиз

Окислительный пиролиз – процесс термического разложения промышленных отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Данный метод применим для обезвреживания многих отходов, в том числе «неудобных» для сжигания или газификации: вязких, пастообразных отходов, влажных осадков, пластмасс, шламов с большим содержанием золы, загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю, сильно пылящих отходов. Кроме этого, окислительному пиролизу могут подвергаться отходы, содержащие металлы и их соли, которые плавятся и возгорают при нормальных температурах сжигания, отработанные шины, кабели в измельченном состоянии, автомобильный скрап и др.

Метод окислительного пиролиза является перспективным направлением ликвидации твердых промышленных отходов и сточных вод.

Сухой пиролиз

Этот метод термической обработки отходов обеспечивает их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию малоотходных и

безотходных технологий и рациональному использованию природных ресурсов.

Сухой пиролиз – процесс термического разложения без доступа кислорода. В результате образуется пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкий продукт и твердый углеродистый остаток.

В зависимости от температуры, при которой протекает пиролиз, различается:

1. *Низкотемпературный пиролиз или полукоксование* (450 - 550° С). Данному виду пиролиза характерны максимальный выход жидких и твердых (полукокс) остатков и минимальный выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания. Метод подходит для получения первичной смолы – ценного жидкого топлива, и для переработки некондиционного каучука в мономеры, являющиеся сырьем для вторичного создания каучука. Полукокс можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива.

2. *Среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное коксование* (до 800° С) дает выход большего количества газа с меньшей теплотой сгорания и меньшего количества жидкого остатка и кокса.

3. *Высокотемпературный пиролиз или коксование* (900 - 1050° С). Здесь наблюдается минимальный выход жидких и твердых продуктов и максимальная выработка газа с минимальной теплотой сгорания – высококачественного горючего, годного для далеких транспортировок. В результате уменьшается количество смолы и содержание в ней ценных легких фракций.

Метод сухого пиролиза получает все большее распространение и является одним из самых перспективных способов утилизации твердых органических отходов и выделения ценных компонентов из них на современном этапе развития науки и техники.

Огневая переработка

В основу огневого метода положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием

практически нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. С использованием данного метода возможно получение ценных продуктов: отбеливающей земли, активированного угля, извести, соды и др. материалов. В зависимости от химического состава отходов дымовые газы могут содержать SO_x , P, N_2 , H_2SO_4 , HCl, соли щелочных и щелочноземельных элементов, инертные газы.

Огневой метод переработки токсичных промышленных отходов классифицируется в зависимости от типа отходов и способам обезвреживания:

1. Сжигание отходов, способных гореть самостоятельно –наиболее простой способ; горение происходит при температурах не ниже $1200 - 1300^{\circ}C$. (следует отметить, что данный способ не является целесообразным ввиду некоторой (большей или меньшей) ценности горючих отходов и возможности их использования в данное время или в будущем).

2. Огневой окислительный метод обезвреживания негорючих отходов – сложный физико-химический процесс, состоящий из различных физических и химических стадий. Огневое окисление применимо в большей степени по отношению к твердым и пастообразным отходам.

3. Огневой восстановительный метод используется для уничтожения токсичных отходов без получения каких-либо побочных продуктов, пригодных для дальнейшего использования в качестве сырья или товарных продуктов. В результате образуются безвредные дымовые газы и стерильный шлак, сбрасываемый в отвал. Так можно обезвреживать газообразные и твердые выбросы, бытовые отходы и некоторые другие.

4. Огневая регенерация предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов. Эта разновидность огневого обезвреживания обеспечивает не только природоохранные, но и ресурсосберегающие цели.

Для достижения требуемой санитарно-гигиенической полноты обезвреживания отходов необходимо, как правило, экспериментальное определение оптимальных температур, продолжительности процесса, коэффициента избытка кислорода в камере горения, равномерности подачи отходов, топлива и кислорода. Протекание процесса обезвреживания в неоптимальных условиях приводит к появлению компонентов в продуктах сгорания и, в первую очередь, в дымовых газах.

При сжигании на свалках пластмасс, синтетических волокон, хлороуглеводородов в дымовых газах могут образовываться токсичные вещества: СО, бенз-а-пирен, фосген, диоксины.

Переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы

Для получения высокой степени разложения токсичных отходов, особенно галогеносодержащих, конструкция сжигающей печи должна обеспечивать необходимую продолжительность пребывания в зоне горения, тщательное смешение при определенной температуре исходных реагентов с кислородом, количество которого также регулируется. Для подавления образования галогенов и полного их перевода в галогеноводороды необходим избыток воды и минимум кислорода, последнее вызывает образование большого количества сажи. При разложении хлорорганических продуктов снижение температуры ведет к образованию высокотоксичных и устойчивых веществ — диоксинов. Недостатки огневого сжигания стимулировали поиск эффективных технологий обезвреживания токсических отходов.

Применение низкотемпературной плазмы — одно из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов. Посредством плазмы достигается высокая степень обезвреживания отходов химической промышленности, в том числе галогеносодержащих органических соединений, медицинских учреждений; ведется переработка твердых, пастообразных, жидких, газообразных; органических и неорганических;

слаборадиоактивных; бытовых; канцерогенных веществ, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве и др.

Плазменный метод может использоваться для обезвреживания отходов двумя путями:

- Плазмохимическая ликвидация особо опасных высокотоксичных отходов;
- Плазмохимическая переработка отходов с целью получения товарной продукции.

Наиболее эффективен плазменный метод при деструкции углеводородов с образованием CO , CO_2 , H_2 , CH_4 . Безрасходный плазменный нагрев твердых и жидких углеводородов приводит к образованию ценного газового полуфабриката в основном водорода и оксида углерода – синтез-газ – и расплавов смеси шлаков, не представляющих вреда окружающей среде при захоронении в землю, а синтез-газ можно использовать в качестве источника пара на ТЭС или производстве метанола, искусственного жидкого топлива. Кроме этого, путем пиролиза отходов возможно получение хлористого и фтористого водорода, хлористых и фтористых УВ, этанола, ацетилена. Степень разложения в плазмотроне таких особо токсичных веществ как полихлорбифенилы, метилбромид, фенилртутьацетат, хлор- и фторсодержащие пестициды, полиароматические красители достигает 99.9998 % с образованием CO_2 , H_2O , HCl , HF , P_4O_{10} .

Разложение отходов происходит по следующим технологическим схемам:

- Конверсия отходов в воздушной среде;
- Конверсия отходов в водной среде;
- Конверсия отходов в паро-воздушной среде;
- Пиролиз отходов при малых концентрациях.

Выбор того или иного способа переработки, возможность вариаций по количественному соотношению реагентов позволяют оптимизировать работу установки для широкого спектра отходов по их химическому составу.

Существуют самые разнообразные модификации плазмотронных установок, принцип их конструкции и порядка работы заключается в следующем: основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, иногда полые. В камеру под определенным давлением, в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживается постоянное давление и температура. Возможно применение катализаторов. Существует анаэробный вариант работы установки. При переработке отходов плазменным методом в восстановительной среде возможно получение ценных товарных продуктов: например, из жидких хлорорганических отходов можно получать ацетилен, этилен, HCl и продуктов на их основе. В водородном плазмотроне, обрабатывая фторхлорорганические отходы, можно получить газы, содержащие 95 – 98 % по массе HCl и HF.

Для удобства возможно брикетирование твердых отходов и нагрев пастообразных до жидкого состояния.

Переработка горючих радиоактивных отходов была разработана технология с использованием энергии плазменных струй воздуха с введенным активированным углеводородным сырьем, чистые, или содержащим галениды. Такой способ получил широкое применение при сжигании органических отходов низкой и средней активности, что позволяет перевести опасные отходы в инертную форму и уменьшить их объем в несколько раз; образуется коксовый остаток и негорючие материалы – шлак, относящийся к категории кислых и улавливающий до 98 % радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{37}Fe , ^{60}Co).

Высокая энергоемкость и сложность процесса предопределяет его применение для переработки только отходов, огневое обезвреживание которых не удовлетворяет экологическим требованиям.

Разработка малоотходных и безотходных технологий и методов комплексного использования отходов промышленности

Важность экономного и рационального использования природных ресурсов не требует обоснований. В мире непрерывно растет потребность в сырье, производство которого обходится всё дороже. Будучи межотраслевой проблемой, разработка малоотходных и безотходных технологий и рациональное использования вторичных ресурсов требует принятия межотраслевых решений.

Вторичные материалы и ресурсы (ВМР) – отходы производства и потребления, которые на данном этапе развития науки и техники могут быть использованы в народном хозяйстве как на предприятии, где они были образованы, так и за его пределами. К ВМР не относятся возвратные отходы производства, используемые повторно в качестве сырья технологического процесса, в котором образуются.

Побочные продукты и отходы – возможное сырье для других производств. Побочные продукты могут быть планируемыми и давать прибыль с их продажи или использования. Отходы – нежелательные, но неизбежные продукты.

Классифицируются ВМР по следующим критериям:

1. По отраслям промышленности или откуда исходят отходы;
2. По технологическим процессам;
3. По видам ресурсов;
4. По степени и возможности использования;
5. По агрегатному состоянию.

В зависимости от возможности использования ВМР подразделяются:

1. Реально возможные к использованию, т.е. существуют эффективные условия переработки и использования;
2. Потенциально возможные к использованию, ВМР, использование которых пока экономически и технически нецелесообразно.

По источникам своего появления существуют ВМР:

1. Отходы промышленного производства и строительства – остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, пригодные к использованию в качестве сырья, вспомогательных материалов или готовой продукции;

2. Отходы сферы потребления:

1) Отходы средств производства, потерявшие непригодность для дальнейшего использования,

2) Отходы предметов потребления – изделия непригодные для использования по назначению, но потенциально годные как вторичное сырье,

3) Твердые бытовые отходы, образующиеся у населения в процессе жизнедеятельности и вряд ли имеющие пригодность;

3. Отходы сферы обращения, т.е. материалы, пришедшие в негодность из-за неосторожной транспортировки, складирования и погрузки-разгрузки.

Кроме этого ВМР могут быть использованы в местах своего образования или в других отраслях хозяйства.

Малоотходные и безотходные технологии (МБТ), как правило, ориентированы на наиболее важные отрасли народного хозяйства: производство и рациональное использование металлов, стройматериалов, древесины, полезных ископаемых. Существует несколько основных направлений по осуществлению МБТ:

1) Создание и внедрение процессов комплексной переработке сырья без образования отходов;

2) Переработка всех видов отходов производства и потребления с получением товарной продукции;

3) Выпуск новых видов продукции с учетом требований ее повторного использования;

4) Применение замкнутых систем промышленного водоснабжения с использованием осадков очистных сооружений;

5) Организация безотходных территориально-промышленных комплексов и экономических регионов.

При этом необходимо соблюдать ряд условий:

1) Самоочевидное использование всех компонентов того или иного сырья, которые обычно не находят применения вследствие отсутствия необходимых производственных условий и навыков обработки, и причисляются к отходам;

2) Взаимосвязь с экологической обстановкой, в которой реализуются проекты (выбросы в атмосферу, водоемы, почву, отчуждение пахотных или пригодных для других целей земель под захоронение или складирование);

3) Возможность вовлечения в хозяйственный оборот ресурсов, ранее не использовавшихся;

4) Применение одной или минимума прогрессивных операций в общей технологической цепи приводит к необходимости переводить всю технологическую систему на новый уровень;

5) Возможность получения новых материалов с необходимыми характеристиками;

6) Улучшение условий труда за счет сокращения процессов, сопровождаемых выделением вредных газов и пыли. Устранение вредных компонентов в качестве промежуточных продуктов и катализаторов.

Многостороннее и глубокое освоение безотходных производств – долговременное и кропотливое дело, которым предстоит заниматься ряду поколений ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов. Полностью безотходное производство – далекая перспектива, но необходимо уже сейчас решать эту задачу, как на общеэкономическом уровне, так и в отдельных отраслях хозяйства.

Металлургия

Переработка руд черных и цветных металлов, их обогащение, литье, прокат, металлообработка – источник потерь колоссального количества металлов.

Задача комплексного использования сырья в металлургии – рациональная полнота извлечения основных и сопутствующих элементов,

утилизация отходов добычи,обогащения руд без нанесения урона окружающей среде. Кроме этого металлургия является весьма земле- и водоемкой отраслью. Несмотря на наличие технологий извлечения ценных попутных компонентов из железной руды на большинстве комплексных месторождений, полезные материалы сбрасываются в отвалы. Среди ценных компонентов руд черных металлов (Fe, Mn, Cr) встречаются W, Ti, Co, Ni, Zn, Cu, редкие металлы. При обогащении и обработке руд большое количество отходов при соответствующей обработке может стать товарными продуктами. Часто в попутно извлекаемой породе (особенно при открытом способе добычи) содержатся многие нерудные полезные ископаемые, среди них: мел, пригодный для известкования почв и наполнителя при производстве красок; сланцы для изготовления щебня; глины и суглинки – сырье для фаянсовой промышленности и изготовления технической керамики, эмалей, цветного стекла; кварцевые пески для стекольной промышленности; мергель, являющийся сырьем для изготовления извести и цемента; граниты и гнейсы.

В доменной печи образуется за счет пустой породы руды и золы кокса шлаки, в состав которых входят CaO , SiO_2 , FeO , MgO , Al_2O_3 , CaS , MnS , FeS , TiO_2 , соединения P, в зависимости от соотношения компонентов шлаки могут быть основные, нейтральные и кислые. При мартеновском способе основные шлаки способны удалять в процессе выплавки из металла примеси серы и фосфора.

Шлак – ценное сырье для строительной и дорожно-строительной отраслей. Шлаковый щебень в 1.5 – 2 раза дешевле природного, шлаковая пемза – втрое дешевле керамзита и требует меньше удельных затрат. Использование гранулированного шлака в цементной промышленности увеличивает выход цемента, снижает себестоимость и удельные затраты на его производство по сравнению с естественным сырьем – цементным клинкером. Применение шлаков при вторичной переработке металлов для раскисления стали, сокращает расход дефицитного ферросилиция.

Допустимо даже применение металлургических шлаков в качестве абразивного материала для очистки днищ судов. Конвертерные шлаки могут использоваться в гидротехническом строительстве для обсыпки дамб вместо грунта.

Для доизвлечения железа из отходов применяется обратная флотация хвостов, прямая флотация руды, сухая магнитная сепарация, магнитно-флотационный способ.

Использование шламов уменьшает содержание железа в доменной шихте, снижает производительность доменных печей, увеличивает расход кокса.

Истощение богатых месторождений хромовых руд вызвало необходимость постоянно наращивать мощности по добыче и обогащению бедных руд или руд, недостаточно эффективно обогащаемых механическими методами. Для этого был разработан специальный процесс, предусматривающий прокалку на воздухе ($630 - 750^{\circ}\text{C}$) дробленной руды (частицы менее 15 мм), измельчение пека (до 0.1 мм), приготовления водной суспензии, ее карбонатизация – так можно получить углеродистый феррохром вместо кондиционной руды и кварцита.

Во всех металлургических процессах образуется значительное количество пыли, которую необходимо улавливать и утилизировать с целью извлечения содержащихся в них металлов и поддержания необходимого уровня охраны окружающей среды.

Для этого применимы системы сухого и мокрого пылеулавливания. Основная проблема при улавливании металлургической пыли – повышенное содержание цинка и свинца, которые нарушают процессы пылеулавливания и собственно выплавки.

В США Zn и Pb выделяются путем сбора пыли, содержащей кроме них железо, и последующего дробления так, что более мелкие частицы состоят в основном из соединений цинка и свинца, а более крупные в основном из Fe_2O_3 , что основано на различной хрупкости упомянутых соединений. Кроме

этого используется восстановительный обжиг окускованной пыли, возгонка с улавливанием конденсата, магнитная сепарация и флотация. В Германии для данных целей используются растворы серной, азотной или уксусной кислот, которые способны растворить почти весь Zn, но при малых его концентрациях раствориться может и железо. В Японии разделение Fe- и Zn-содержащих отходов обычной магнитной сепарацией. В Бельгии и Люксембурге цинк и свинец из Fe-содержащих отходов выделяются методом флотации и экстракции щелочными растворами.

Кроме оксидов железа, свинца и цинка пыль и шламы содержат оксиды Mn, Mg, Ca, Cr, Ni, Cd и других элементов, которые можно использовать.

Пыли и шламы ферросплавного производства, состоящие главным образом из аморфного диоксида кремния, пригодного для промышленного и жилищного строительства.

Особое место занимают установки улавливания SO_x и NO_x , т.к. этот процесс весьма затруднителен вследствие низких концентраций данных веществ.

Существует опыт использования шламов сероочистки после мокрой известковой обработки для мелиорации почв, что увеличивает содержание в почве кальция, магния, кремния и уменьшает количество алюминия, меди, цинка, мышьяка, марганца. Действие подобного рода удобрений не ослабевает в течение пяти лет и прибавляет урожай зерновых и кормовых культур на 25 – 30 % (4 – 5 т шлама на 1 га).

Нефелин – один из компонентов апатито-нефелиновых руд, являющихся сырьем для химической промышленности, содержит, помимо фосфора, алюминий, натрий, калий, титан, железо, стронций, редкие металлы. Нефелин является альтернативой бокситам, сырьем для алюминиевой промышленности и месторождения которых постоянно истощаются. Из попутных продуктов, получающихся при переработке нефелиновых руд в глинозем, можно производить и уже производятся

содовые продукты и цемент. Существуют два основных способа переработки нефелиновых руд:

Спекательно-щелочной способ. Сущность метода заключается в высокотемпературном разложении нефелина в присутствии CaCO_3 . При этом содержащиеся в нефелине глинозем щелочи образуют алюминаты Na и K, а кремнезем – дициевый силикат. Путем дальнейшей переработки получаемых продуктов обеспечивается получение глинозема, содо-поташного раствора, используемого для производства соды и поташи, и нефелинового шлама – сырья для производства цемента.

Гидрохимический способ. Данный метод основан на автоклавном разложении нефелина концентрированным раствором едкой щелочи в присутствии извести. В результате образующиеся из алюминатов и силикатов щелочные алюмосиликаты остаются в осадке. Процесс оптимально протекает при $260 - 300^\circ \text{C}$ и 3 МПа. Однако гидрохимический способ переработки нефелиносодержащего сырья требует большое количество щелочи, высокий расход тепла и повышенного водного баланса.

На пути к созданию экологичной и малоотходной металлургии зарубежными государствами был накоплен немалый опыт. В разных странах мира применяются различные методы утилизации и переработки отходов металлургии: в автодорожном и железнодорожном строительстве, в сельском хозяйстве в качестве удобрений, в строительной промышленности и других отраслях.

Несомненное лидерство в этом принадлежит Японии. При выплавке марганцевых сплавов образуется большое количество газов ($700 \text{ м}^3/\text{т}$ углеродистого ферромарганца), часть которого (CO_2) весьма эффективно (на 84 %) используется в качестве источника тепла сушки сырых материалов, что позволяет сэкономить до 16 млн. т в год мазута. Доменный газ применяется для производства метанола, этанола, этиленгликоля, этилена, пропилена, уксусной кислоты, коксовый газ – в производстве метанола и аммиака.

Топливо-энергетический комплекс

ТЭК – один из крупнейших загрязнителей окружающей среды твердыми, жидкими и пылевидными отходами, т.к. сам процесс производства тепловой или электрической энергии подразумевает сжигание органического топлива с неизбежным образованием токсичных компонентов. Кроме этого с отходами добычи и обогащения топлива теряется большое его количество.

Существует классификация на основе литологического состава отходов добычи и обогащения углей:

- Глинистые (> 50 % глин);
- Песчаные (> 40 % песчаника и кварцита);
- Карбонатные (> 20 % карбонатов).

Кроме этого отходы различаются по физико-химическим и теплофизическим свойствам, по характеристике органического вещества и др.

Породы вскрыши, отличающиеся высоким содержанием минеральных веществ, могут быть использованы для энергетических целей после предварительного обогащения с получением кондиционного по зольности продукта. Породы вскрыши могут применяться как закладочный материал для рекультивации земель, а шахтные – для закладки шахтного пространства. Возможно применение даже без селективной обработки слагающих литологических разностей как сырье для производства пористых заполнителей для легких бетонов, керамических материалов, при строительстве дамб и других сооружений, кислотостойких мастик, в строительстве домов и дамб, в фильтровых установках.

Шахтные породы часто содержат большое число микроэлементов, необходимых для питания растений, поэтому могут применяться в качестве удобрений почв, разбалансировка которых происходит в результате интенсификации и химизации сельского хозяйства.

Отходы углеобогащения, содержащие большое количество горючей массы, могут быть подвергнуты дополнительному обогащению с получением кондиционного по зольности твердого топлива или непосредственно

использованы для сжигания и газификации. Возможно сжигание высокозольных отходов углеобогащения в пылеватом состоянии на электростанциях, в том числе на крупных, при этом уменьшаются выбросы SO_x и NO_x в окружающую среду. В некоторых зарубежных странах нашли применение плазменные печи для переплавки легированных отходов и восстановительной плавки. Для этой цели разработаны и используются разнообразные генераторы плазмы и дуговые плазменные горелки разной мощности, где возможно восстановление руд отходами углеобогащения и выработка некоторого количества электроэнергии за счет отходящих газов.

В результате гравитационной сепарации некоторых углей можно определить высокозольные фракции, в которых содержатся ряд микроэлементов (Ag, As, Cd, Mn, Mo, Ni, Pb и другие) в 1.3 – 1.4 раза выше, чем в исходных углях. Большая часть микроэлементов может быть извлечена из продуктов термической обработки или обогащения твердого горючего.

С помощью биологических методов можно извлекать из углей и части угольных отходов пиритную и органическую серу, различные металлы (Mn, Ni, Co, Zn, Ca, Al, Cd) золу, кислород- и азотсодержащие соединения. Очистка угля может осуществляться за 6 суток на 93 % при применении термофильных бактерий и 18 суток мезофильными бактериями.

В связи с грядущим в ближайшие десятилетия истощением запасов угля, нефти, природного газа возникла потребность поиска менее дорогих, но технологически более простых в переработке и использование. Важнейшим, в связи с этим, источником для восполнения энергобаланса, производства чистых энергосистем и многих, остро необходимых стране продуктов становятся горючие сланцы. Из сланцев можно получить: мазут, автомобильный бензин, газ для бытовых нужд, жидкое синтетическое топливо.

Химический комплекс

Из всех видов минерального сырья особое место занимают агрохимические фосфорсодержащие руды, от которых в значительной мере

зависит плодородие почв, а с учетом истощения богатого фосфором сырья важнейшей проблемой является эффективное использование полезных компонентов недр и руды.

Значение фосфора в природе крайне важно. Минеральный фосфор входит в состав костной ткани позвоночных и наружных скелетов ракообразных и моллюсков. Фосфор присутствует в мягких тканях растений и животных. Фосфорсодержащие органические соединения обеспечивает превращение химической энергии в механическую энергию мышечных тканей. Этот элемент входит в состав нуклеиновых кислот, регулирующих наследственность и развитие организмов.

Производство фосфорных минеральных удобрений – главная сфера применения фосфатного сырья. Более полная выемка попутных полезных компонентов из фосфоритов и апатитов путем флотации, т.е. использовать различную плотность материалов относительно плотности воды.

Один из важнейших попутных компонентов апатитовых руд – нефелин.

Еще один минерал, имеющий большое значение и содержащийся в апатитовых рудах, – сфен. В состав данного соединения входит титан ($\text{CaTiSiO}_4(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$), а диоксид титана – важный компонент при производстве лакокрасочных изделий. Перспективность сфена как сырья связана с большими запасами этого минерала в нашей стране (главным образом в Хибинах [11]) и, с учетом комплексной переработки апатитовых руд, низкой себестоимостью содержащегося в них TiO_2 .

В настоящее время существуют различные технологические системы и способы переработки сфенового концентрата: хлорная; азотнокислая; сернокислая; спекание с поваренной солью, кремнефторидом, сульфатом аммония. Однако наиболее приемлемой является сернокислая технология, когда как другие методы очень сложны и не получили промышленного развития.

Оптимально сфеновый концентрат разлагается при использовании 50 – 55 %-ой серной кислоты с расходом 1.5 т на 1 т концентрата и протекании

процесса в течение 20 – 30 часов и в температурных условиях 130° С. В результате получается 1 т товарного TiO_2 на каждые 4 т сфенового концентрата и 6 т серной кислоты.

В нашей стране и за рубежом проводятся работы по получению из горючих сланцев битумов, масляных антисептиков для древесины, ядохимикатов, серы, гипосульфита, бензола, лаков, клеев, дубителей, шлаковой ваты, матов для строительной индустрии, портландцемента и многого другого.

В химической промышленности также используются отходы производства диметилтереоргалата для синтеза алкидных полимеров. Отходы катализаторов производства мономеров используется в строительных лакокрасочных пигментах. Отходы гидроксилсодержащих соединений от производства ксилита идут на изготовление простых и сложных олигоэфиров – компонентов лакокрасочных материалов, отходы производства меланина – ПАВ-диспергаторов. Катализаторы алкинирования бензола изготавливаются из алюминесодержащих отходов кабельной промышленности. Отходы производства капролактама – компоненты смазочных материалов или пластифицирующие добавки к бетонным смесям. Из катализаторов нефтепереработки выделяются металлические компоненты: $\text{Mo}(\text{SO}_4)_3$, VO_5 , тригидрит оксида алюминия, Ni-Mo концентрат и др. Возможно использование кислых гудронов для выработки из воды аммонийных солей, пригодных для использования, как в пресной воде, так и в морской. Кислые гудроны можно применять совместно с нефтяными шлаками в дорожном и коммунальном строительстве.

Экономическая эффективность безотходных производств

При безотходном производстве рационально используются сырье и энергия и не оказывается вредного влияния на окружающее пространство. Экономический эффект в этом случае образуется за счет непосредственного возвращения сырья в производство \mathcal{E}_n в. предотвращения социально-

экономического ущерба от загрязнения окружающей среды \mathcal{E}_y и снижения затрат на добычу сырья \mathcal{E}_p :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{HВ} + \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_p.$$

Непосредственный эффект от использования отходов производства

$$\mathcal{E} = Z \cdot n \cdot f \cdot \mathcal{Z}_n,$$

где Z - замыкающие затраты на данный вид продукции; n - количество используемых отходов; f - коэффициент, учитывающий количественное соотношение отходов и исходного сырья; \mathcal{Z}_n - приведенные затраты на вовлечение отходов в производственный цикл.

$$\mathcal{E}_y = Y_B - Y_\Phi,$$

где Y_B - возможный ущерб при отсутствии природоохранных мероприятий, выраженных в стоимостной форме; Y_Φ - фактический ущерб, выраженный в стоимостной форме и существующий в данное время.

Региональный эффект \mathcal{E}_p может быть предоставлен в виде снижения приведенных затрат на единицу продукции за счет использования отходов производства.

Социально-экономический эффект безотходных производств определяется по комплексному критерию:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i - y}{\mathcal{Z}_n} \rightarrow \max,$$

где $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i$ - сумма всех эффектов, достигаемых при внедрении

безотходного производства:

где ε_1 - эффект от производства конечной продукции, полученной при внедрении безотходного производства и более полного использования исходного сырья; ε_2 - эффект от потребления конечной продукции, полученной при внедрении безотходного производства и более полного использования исходного сырья; ε_3 - экономия затрат на разведку, добычу и транспортировку отдельного ресурса; ε_4 - эффект от комплексного развития региона и совершенствования размещения производственных сил; ε_5 - внешнеторговый эффект; U - ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления; Z_n - полные затраты на осуществление безотходного производства.

При наличии ряда вариантов безотходного производства должен быть выбран вариант с наибольшим коэффициентом абсолютной социально-экономической эффективности при равных или близких по значению народнохозяйственных затратах.