

Министерство образования и науки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

С.М. Романова, С.В. Степанова, А.Б. Ярошевский

ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛИТОСФЕРЫ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Учебное пособие

Казань
Издательство КНИТУ
2012

УДК 628.544
ББК 20.1

Романова С.М.

Процессы, аппараты и оборудование для защиты литосферы от промышленных и бытовых отходов : учебное пособие / С.М. Романова, С.В. Степанова, А.Б. Ярошевский; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2012. – 144 с.

ISBN 978-5-7882-1286-9

Рассмотрены основы технологии, процессов, аппаратов и оборудования для защиты литосферы от промышленных и бытовых отходов с использованием различных принципов, методов и способов. Приведены сведения об основах технологии переработки и утилизации твердых отходов, об их обезвреживании и захоронении на полигонах.

Предназначено для студентов и бакалавров, обучающихся по направлению 656600 «Защита окружающей среды», 280200 «Защита окружающей среды», по направлению подготовки 241000.62 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», по программе подготовки «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Подготовлено на кафедре «Инженерная экология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. *В. И. Петров*
канд. техн. наук, доц. КФУ *В.А.Белоногов*

ISBN 978-5-7882-1286-9

© Романова С.М., Степанова С.В.,
Ярошевский А.Б., 2012

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Введение	6
Глава 1 Образование отходов, методы их переработки, утилизации и обезвреживания	8
1.1 Классификация отходов	8
1.2 Состав и свойства отходов	18
1.3 Методы переработки, утилизации и обезвреживания отходов	23
Глава 2 Процессы и установки переработки твердых отходов	27
2.1 Механическая обработка твердых отходов	27
2.1.1 Дробление и измельчение	27
2.1.2 Грохочение и классификация	42
2.1.3 Прессование и компактирование отходов	50
2.2 Обогащение твердых отходов	51
2.2.1 Гравитационное обогащение	53
2.2.2 Магнитное обогащение	56
2.2.3 Электрические методы обогащения	58
2.2.4 Флотационное обогащение	60
2.3 Сжигание отходов	63
2.3.1 Сжигание жидких отходов	63
2.3.2 Сжигание твердых и пастообразных отходов	83
Глава 3 Утилизация и ликвидация твердых промышленных и бытовых отходов	90
3.1 Сбор, сортировка и подготовка отходов к переработке	90
3.2 Утилизация твердых отходов	92
3.2.1. Утилизация металлоотходов	94
3.2.2 Утилизация макулатуры	99
3.2.3 Утилизация отходов древесины	100
3.2.4 Утилизация волокнистых материалов	103
3.2.5 Утилизация резинотехнических изделий	105
3.2.6 Утилизация полимерных отходов	109
3.2.7 Утилизация металлургических шлаков и золослаковых отходов	111
3.2.8 Утилизация ртутьсодержащих отходов	115
3.2.9 Переработка отработанных свинцовых аккумуляторов	118
3.2.10 Переработка нефтешламов	119
3.3 Переработка твердых бытовых отходов и их сжигание	123
Глава 4 Сбор, транспортирование и захоронение отходов	127

4.1 Сбор и транспортирование отходов и загрязнений	128
4.2 Складирование и захоронение отходов на свалках, полигонах, поверхностных хранилищах	130
4.3 Подземное захоронение промышленных загрязнений.....	132
4.4 Переработка и утилизация отходов по полной заводской технологии.....	133
4.5 Обработка и утилизация отходов и загрязнений на специализированных полигонах.....	136
Заключение	140
Список литературы.....	141

ПРЕДИСЛОВИЕ

Грандиозные масштабы научно-технического прогресса привели к созданию мощного промышленного и сельскохозяйственного потенциала, интенсивному развитию всех видов транспорта, строительству гидротехнических сооружений, а также к созданию систем искусственного климата. К сожалению, в результате воздействия человека на природные объекты нарушается экологическое равновесие. Одним из факторов этого воздействия является загрязнение экосферы твердыми, жидкими и газообразными отходами, объемы которых во многих регионах достигают угрожающих размеров. По литературным данным до 90 % перерабатываемого сырья, в конечном счете, превращается в отходы.

Одна из задач инженерной экологии - сделать так, чтобы это воздействие было по возможности умеренным и не вызвало бы необратимых пагубных изменений в природе.

Остроту проблемы пытаются снять путем максимального использования отходов в качестве вторичного сырья; обезвреживания отходов, включая перевод токсичных отходов в нетоксичные соединения, растворимых - в нерастворимые или малорастворимые, химически активных - в инертные, а также обеззараживанием различными способами биологических отходов.

Учебное пособие состоит из нескольких глав, в которых последовательно излагаются источники образования твердых отходов и методы их переработки, утилизации, обезвреживания. Кроме этих традиционных разделов, авторы сочли целесообразным рассмотреть процессы и установки для переработки твердых отходов.

Такой подход даст возможность студентам не ограничиваться только знакомством с методами переработки отходов, но позволит им закрепить теоретическую часть самостоятельной работой и приобрести необходимые умения выполнять расчеты различных видов оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

Большое количество отходов промышленного, бытового происхождения, образующихся в настоящее время, нарушило равновесие, при котором природа успешно справлялась с переработкой отходов с помощью бактерий, воды, воздуха и солнечного света.

Многие виды отходов представляют повышенную опасность для окружающей среды из-за высокой токсичности. Их складирование или захоронение без соблюдения соответствующих предупредительных мер безопасности может привести к серьезным последствиям для природы и людей, экологическому ущербу. Особенно это относится к радиоактивным, взрывоопасным отходам, легколетучим отравляющим веществам.

В то же время некоторые отходы по своему химическому составу и физическому состоянию являются безвредными, их можно закапывать, затопливать в морях и океанах.

Проблемы образования и использования отходов многогранны. Отходы производства и потребления могут являться ценными видами вторичных материальных и энергетических ресурсов. Для их «добычи» нет необходимости производить специальные геологические изыскания, строить горнодобывающие предприятия, транспортировать технологическое и энергетическое сырье на большие расстояния. Вторичные материальные и энергетические ресурсы в наибольшей степени образуются как раз в крупных промышленных центрах, где имеются принципиальные возможности для их повторного применения.

Радикальное решение проблем охраны окружающей среды от негативного воздействия промышленных объектов возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий.

В настоящее время в соответствии с решением ЕЭК ООН и Декларации о малоотходных и безотходных технологиях и использовании отходов принята следующая формулировка безотходной технологии «Безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств, с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду».

Под безотходной технологией, безотходным производством, безотходной системой понимают не просто технологию или

производство того или иного продукта (или продуктов), а принцип организации и функционирования производств, региональных промышленно-производственных объединений, территориально-производственных комплексов народного хозяйства в целом. При этом рационально используются все компоненты сырья и энергия в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы - производство - потребление - вторичные сырьевые ресурсы), т.е. не нарушается сложившееся экологическое равновесие в биосфере.

Малоотходная технология является промежуточной ступенью при создании безотходного производства. При малоотходном производстве вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными органами, но по техническим, экономическим организационным или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

Основой безотходных производств является комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов, поскольку отходы производства - это по тем или иным причинам неиспользованная или недоиспользованная часть сырья. Большое значение при этом приобретает разработка ресурсосберегающих технологий.

Для удовлетворения потребностей народного хозяйства ежегодно в расчете на душу населения в хозяйственный оборот вовлекается до 20 млн. т природного сырья. В промышленности 70 % затрат приходится на сырье, материалы, топливо и энергию. В этой связи в условиях постоянно нарастающего дефицита природных ресурсов важную роль играет рациональное, комплексное и экономичное их использование, снижение металлоемкости и энергоемкости промышленного производства. При создании безотходных и малоотходных производств необходимо постоянно совершенствовать существующие и разрабатывать принципиально новые технологические процессы и схемы, при реализации которых существенно снижается количество образующихся отходов или они практически ликвидируются.

Такое производство включает и переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия.

1.1 Классификация отходов

Отходы - это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые, не являясь конечной целью производственного процесса, образовались при получении готовой продукции, или же полностью или частично утратили свои потребительские свойства.

В процессе производства и потребления образуется большое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть вновь использованы как сырье для производства промышленной продукции.

Общая масса вещества, перемещаемого человеком на поверхности планеты, достигла 4 трлн. т в год. Из 120 Гт ископаемых материалов и биомассы, мобилизуемых в год мировой экономикой, только

9 Гт (7,5 %) преобразуется в материальную продукцию в процессе производства. Подавляющая часть этого количества - более 80 % - потребляется и входит в основные и оборотные материальные фонды и резервы всех отраслей мирового хозяйства, т.е. в основном возвращается в производство. Только 1,5 Гт составляет личное потребление людей, причем все больше половины этой массы относится к нетто-потреблению продуктов питания.

Отходы возникают как в результате производственной деятельности, так и при потреблении. В соответствии с этим они подразделяются на отходы производства и отходы потребления.

В процессе производства образуются сточные воды (СВ) и их осадки, дымовые газы, тепловые выбросы и т.п.

Отходами производства следует считать остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также продукты физико-химической или механической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса и которые в дальнейшем могут быть использованы в народном хозяйстве как готовая продукция после соответствующей обработки или в качестве сырья для переработки.

Функционирование любого крупного города связано с ежедневным потреблением различных видов сырья и энергии и, как следствие, с образованием материальных и энергетических отходов.

Проблема отходов особенно актуальна для крупных городов, в которых сосредоточены многие промышленные предприятия, предприятия сферы услуг, на сравнительно небольших площадях сконцентрированы большие массивы людей. Экологическое благополучие таких городов зависит от многих факторов. К ним, безусловно, относится загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами автомобилей, топочными газами котельных и тепловых станций, выбросами предприятий, а также загрязнение природных водоемов сбрасываемыми в них жидкими отходами.

Отходами потребления считаются различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам не пригодны для дальнейшего использования. Эти отходы можно разделить на отходы промышленного и бытового потребления. К первым относятся, например, металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и др. *Твердыми бытовыми отходами* (ТБО) являются пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (одежда, обувь и пр.), различного рода использованные изделия (упаковки, стеклянная и другие виды тары), бытовые СВ и др.

Масштабы образования отходов производства и потребления весьма значительны. Например, образование отходов в России в расчете на уровень производства и потребления в начале нашего века можно оценить примерно в 2,8 млрд.т в год. Более 90% от этого объема составляют отходы добычи и обогащения полезных ископаемых. Среди других видов крупнотоннажных отходов можно выделить золошлаковые отходы тепловых электростанций (объем их образования в примерно 34 млн.т), лом и отходы черных металлов - 23 млн.т, металлургические шлаки - 22,9 млн.т, древесные отходы - 21 млн.м³, фосфогипс - 6 млн.т, галитовые отходы - 14,6 млн.т, изношенные шины - 0,7 млн.т, макулатура - 1 млн.т, отработанные нефтепродукты - 1,2 млн.т, пиритные огарки - 1,1 млн.т, сульфитные щелоки - 0,65 млн.т, полимерные отходы - 0,4 млн.т, стеклобой (только отходы производства) - 0,32 млн.т, текстильные отходы - 0,21 млн.т. Образование ТБО может быть оценено в 32 млн.т.

Классификация отходов основана на систематизации их по отраслям промышленности, возможностям переработки, агрегатному состоянию, токсичности и т.д. В каждом конкретном случае характер используемой классификации соответствует рассматриваемым аспектам: складированию, очистке, переработке, захоронению

отходов, предотвращению их токсичного воздействия и пр. Каждая отрасль промышленности имеет классификацию собственных отходов.

Классификация отходов возможна по разным показателям, но самым главным из них является степень опасности для человеческого здоровья. Вредными отходами, например, считаются инфекционные, токсичные и радиоактивные. Их сбор и ликвидация регламентируются специальными санитарными правилами.

Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды разработаны Министерством природных ресурсов РФ в соответствии со статьей 14 Федерального закона от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» и утверждены приказом МПР РФ № 511 от 15 июня 2001 года.

Предприятия, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, на основании Федерального закона «Об отходах производства и потребления» обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности.

Класс опасности устанавливается на каждый вид образующихся отходов по степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду (ОПС) при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее.

При определении классов опасности, кроме воздействия отхода на среду обитания, учитываются санитарно-эпидемиологические требования, направленные на создание безопасных условий труда в процессе обращения с отходами производства и потребления, принимается во внимание и канцерогенность вещества.

В соответствии с критериями отнесения опасных отходов к классу опасности приказом Министерства природных ресурсов РФ от 15.06.2001 г. № 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» установлено пять классов опасности для окружающей природной среды - чрезвычайно опасные, высокоопасные, умеренно опасные, малоопасные, практически неопасные. Устанавливается класс опасности в соответствии с критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для ОПС, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. – Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для ОПС

Степень вредного воздействия	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности	Класс опасности отхода для ОПС
опасных отходов на ОПС	для ОПС	
Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I класс чрезвычайно опасные
Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II класс высокоопасные
Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III класс умеренно опасные
Низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее трех лет	IV класс малоопасные
Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена	V класс практически неопасные

Для примера можно привести класс опасности некоторых химических веществ, определяемый расчетным методом:

- наличие в отходах ртути, сулемы, хромовокислого калия, треххлористой сурьмы, бенз(а)пирена, оксида мышьяка и других высокотоксичных веществ позволяет отнести их к первому классу опасности;

- наличие в отходах хлористой меди, хлористого никеля, трехокисной сурьмы, азотнокислого свинца и других, менее токсичных веществ дает основание отнести эти отходы ко второму классу опасности;

- наличие в отходах сернокислой меди, щавелевокислой меди, хлористого никеля, оксида свинца, четыреххлористого углерода и других веществ позволяет отнести их к третьему классу опасности;

- наличие в отходах сернокислого марганца, фосфатов, сернокислого цинка, хлористого цинка дает основание отнести их к четвертому классу опасности.

По состоянию различаются отходы твердые, жидкие и газообразные. По месту возникновения отходы подразделяются на: бытовые, промышленные и сельскохозяйственные. По составу основным показателем можно считать происхождение отходов - органическое и неорганическое, а также сжигаемы отходы или нет. Особую группу представляют собой отходы в виде энергии, называемые энергетическими (тепло, шум, радиоактивное излучение и т.п.).

Все виды промышленных и бытовых отходов делят на твердые и жидкие. *Твердые отходы* - это отходы металлов, дерева, пластмасс и других материалов, пыли минерального и органического происхождения от очистных сооружений в системах очистки газовых выбросов промышленных предприятий, а также промышленный мусор, состоящий из различных органических и минеральных веществ (резина, бумага, ткань, песок, шлак и т. п.). К *жидким* отходам относят осадки сточных вод после их обработки, а также шламы пылей минерального и органического происхождения в системах мокрой очистки газов.

Все виды отходов производства и потребления по возможности использования можно разделить, с одной стороны, на вторичные материальные ресурсы (ВМР), которые уже перерабатываются или переработка которых планируется, и, с другой стороны, на отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно образуют безвозвратные потери.

Приведенная далее схема классифицирует отходы по сфере их использования (рис. 1.1).

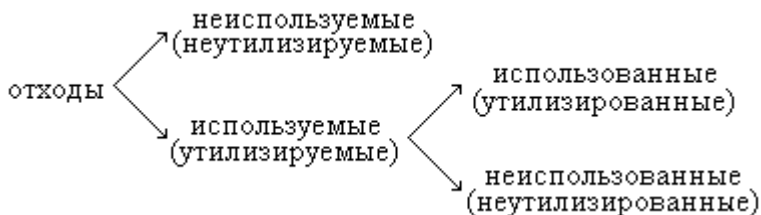


Рисунок 1.1 – Классификация отходов по утилизации

Отходы могут быть использованы до или после обработки. На используемость влияет не только их качество, но и количество в данном месте, а также местные условия.

Утилизируемые отходы перерабатываются на месте их образования или на других предприятиях, имеющих соответствующую технологию. Некоторые не утилизируемые отходы в силу потери потребительских свойств в настоящее время не могут найти применения в современном производстве. Эти отходы захораниваются, если они не представляют опасности для окружающей среды.

В случае опасности с санитарно-гигиенической точки зрения отходы могут захораниваться только после предварительного обезвреживания.

В настоящее время нет единой классификации отходов крупного промышленного города или региона, в которой наиболее полно рассматривался бы ряд взаимосвязанных элементов: количественный и качественный состав отходов, применяемые и предполагаемые методы обработки, санитарно-гигиенические, экологические, а также некоторые градостроительные аспекты.

Предложена классификация, согласно которой отходы по формам и видам делятся на 13 групп:

I - гальваношламы и осадки, отходы реагентов и химреактивов, содержащие хром, никель, медь, кобальт, цинк, свинец, кислые и щелочные отходы химических производств, вещества неорганического характера;

II - осадки сточных вод, включающие в себя канализационные, водопроводные и, отдельной подгруппой, нефтесодержащие промышленные осадки, подразделяющиеся на локальных и очистных сооружениях производственных зон;

III - нефтеотходы и нефтешламы, легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), смазочные охлаждающие жидкости (СОЖ), кубовые остатки, отходы лакокрасочной промышленности;

IV- отходы пластмасс, полимеров, синтетических волокон, нетканых синтетических материалов и композиций на их основе;

V - отходы резинотехнических изделий, вулканизаторов и т.д.;

VI - древесные отходы;

VII - отходы бумаги;

VIII - отходы черных и цветных металлов, легированных сталей;

IX - шлаки, зола, пыли (кроме металлической);

X - пищевые отходы (отходы пищевой, мясомолочной и других отраслей промышленности);

XI - отходы легкой промышленности;

XII - стеклоотходы;

XIII - отходы стройиндустрии.

Развернутая классификация отходов по группам и видам на примере представлена на рисунке 1.2.

В результате классификации отходов были проанализированы данные с целью изучения существующих на предприятиях методов утилизации и обезвреживания отходов. В итоге были определены пути дальнейшего движения отходов (утилизация на местах образования, передача другим предприятиям, вывоз на свалку, сброс в канализацию, сжигание и т.п.). Кроме того, на основе классификации была разработана генеральная схема централизованного сбора, вывоза и переработки отходов для использования в народном хозяйстве в качестве вторичного сырья и для предотвращения их отрицательного воздействия на окружающую среду.

От состава отходов зависит способ их обезвреживания даже при использовании простейших методов, например обезвреживание на полигонах. Так, летучая зола, шлак промышленных предприятий и мусоросжигательных установок и т.д., могут быть приняты на полигоны. В отличие от них некоторые отходы химических предприятий токсичные, образующие опасные соединения, взрывоопасные; отходы больниц, атомных электростанций и т.д. требуют особых мер предосторожности при вывозе в места обезвреживания.

Для полного использования отходов в качестве вторичного сырья разработана их промышленная классификация. Например, лом и отходы металлов по физическим признакам подразделяют на классы, по химическому составу - на группы и марки, по показателям качества - на сорта.

Вторичные материальные ресурсы (ВМР) удобно классифицировать по двум признакам: источнику образования и направлению использования. В качестве примера на рис. 1.3 приведена классификация по источнику образования (без отходов сельскохозяйственного производства). Для наиболее полной характеристики рассматриваемых ВМР, необходимой для организации учета их образования, хранения, распределения и использования, целесообразно также группировать отходы по признакам.