

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**Радкевич Мария Викторовна
Шипилова Камила Бахтияровна**

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Учебное пособие
для студентов направления магистратуры:

5А630201 – Экологическая безопасность в водном хозяйстве

Ташкент – 2020

УДК 628.4:628.54

Радкевич М.В., Шипилова К.Б. Управление отходами. Учебное пособие для магистров. Т. – 327 с.

Рецензенты: Салохиддинов А.Т. – д.т.н., проф. ТИИИМСХ
Ханкелов Т.К. – к.т.н., доцент, зав. каф. ТИПСЭАД

Учебное пособие предназначено для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 5A630201 – Экологическая безопасность в водном хозяйстве. Содержит сведения о различных видах отходов производства и потребления, методах оценки их объемов накопления, нормативно-законодательных основах управления отходами и существующих технологиях утилизации отходов. В пособии приведены статистические данные о накоплении отходов и уровне их переработки в Узбекистане, а также проанализирован опыт других стран в области управления отходами.

Учебное пособие может быть использовано при обучении студентов бакалавриата по направлению 5630200 – Экологическая безопасность в водном хозяйстве.

O'quv ko'llanma 5A630201 Suv ho'jaligida ekologik xavfsizligi yunalishi bo'yicha o'qitiladigan magistratura talabalari uchun mo'ljallangan. O'quv ko'llanma ishlab chiqarish va iste'mol qilish turli chiqindilari, ularning yig'ish hajmlarini baholash usullari, chiqindilarni boshqarish meyoriy va qonuniy asoslari hamda chiqindilarni utillashtirish mavjud texnologiyalari haqida ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. O'quv ko'llanmada O'zbekistonda chiqindilar to'planishi va ularni qayta ishlash darajasi to'g'risida statistik ma'lumotlar keltirilgan, shuningdek boshqa mamlakatlarda chiqindilarni boshqarish tajribasi tahlil qilingan.

O'quv ko'llanmani 5630100 Suv ho'jaligida ekologik xavfsizligi yo'nalishi bo'yicha o'qiydigan bakalavriat talabalari uchun foydalanish mumkin.

The tutorial is intended for master students in the direction 5A630201 – Ecological safety in water industry. It contains information on various types of production and consumption wastes, methods for assessing their accumulation volumes, regulatory and legislative frameworks for waste management, and existing waste disposal technologies. The manual provides statistical data on the accumulation of waste and the level of its processing in Uzbekistan, and also analyzes the experience of other countries in the field of waste management.

The tutorial can be used for training bachelor students in the direction 5630200 – Ecological safety in water industry.

ВВЕДЕНИЕ

Быстрые темпы развития человечества сопровождаются увеличением нагрузки на окружающую среду, в том числе ростом объемов образования отходов производства и потребления. «Повестка дня на XXI век», исторический документ Конференции 1992 года в Рио-де-Жанейро, признал проблему отходов одной из препятствующих устойчивому развитию мирового хозяйства.

В крупных городах на первое место выходит проблема бытовых отходов. За последнее время произошли значительные изменения состава и свойств твердых бытовых отходов (ТБО), изменился их морфологический состав, особенно в части содержания упаковочных материалов.

Построение эффективных систем обращения с твердыми бытовыми отходами в настоящее время ведется по пути обеспечения растущих требований к соблюдению качества окружающей среды и здоровья населения. Создание интегрированных систем управления отходами, основанных на управлении образованием и глубокой переработке отходов с максимальным использованием материального и энергетического потенциалов, позволяет экологически безопасно и экономически эффективно управлять движением потоков ТБО, двигаясь по пути перехода от традиционного обращения с отходами к ресурсному менеджменту.

Рост промышленного производства также сопровождается образованием значительного количества отходов, так как в полезную продукцию превращается не больше одной трети потребляемых сырьевых ресурсов. Накапливаются огромные объемы отходов в виде пустой породы, шлаков, сточных вод и их осадков в местах складирования и захоронения. Рукотворные горы и озера отходов отравляют окружающую среду опасными веществами и соединениями. Одной из важнейших составляющих системного обращения с отходами производства и потребления является существенное сокращение количества образующихся отходов на стадии производства основной промышленной продукции. Этот принцип может быть реализован путем внедрения экологически чистых технологических процессов в малоотходных технологиях и при комплексном использовании вторичных материалов и энергетических ресурсов.

Современная ситуация в сфере обращения с отходами требует принятия незамедлительных решений в части создания современных схем очистки населенных мест, предусматривающих внедрение современных эффективных технологий сбора, транспортирования, переработки и захоронения отходов.

Учебное пособие написано с использованием современной учебной и научной литературы, статистических данных и собственных исследований авторов.

Главы 6, 12 и 17 написаны Шипиловой К.Б., причем при написании параграфов 6.8 и 12.2 использованы материалы диссертационной работы автора. Главы 1–5, 7–11, 13–16 написаны Радкевич М.В.

ГЛАВА 1. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

1.1. Отходы. Понятие и классификация

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 %) в основном возвращается в производство. Только 1,5 Гт составляет личное потребление людей, причем больше половины этой массы относится к неттопотреблению продуктов питания.

Отходы – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образуются при получении готовой продукции или при потреблении. В соответствии с этим они подразделяются на отходы производства и отходы потребления.

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

В процессе производства образуются сточные воды 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. К отходам производства относятся также продукты химической, 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 или в качестве сырья для переработки (например, побочные продукты химического производства могут использоваться в качестве удобрений в сельском хозяйстве).

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

Отходами потребления считаются различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам непригодны 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. Бытовыми отходами (БО) являются пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (одежда, обувь и пр.), различного рода использованные изделия (упаковки, стеклянная и другие виды тары), бытовые сточные воды и др.

Классификация отходов может быть 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.

Рассмотрим несколько типов классификаций отходов:

1) По степени опасности для здоровья человека

Согласно стандарту "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности", все промышленные отходы (ПО) делятся на четыре класса опасности¹:

Класс	Характеристика вещества (отходов)
Первый	чрезвычайно опасные
Второй	высоко опасные
Третий	умеренно опасные
Четвертый	малоопасные

Для примера можно привести классы опасности некоторых химических веществ:

- 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. Такие отходы нельзя перемещать через границу государства без специальной лицензии.;

¹ Более подробно классификация промышленных отходов приведена в главе 12.

- 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.

Принадлежность к классу опасности иных по химическому составу отходов можно определить расчетным методом как по летальной дозе ЛД50, так и по ПДК для данного химического вещества, пользуясь справочной литературой.

2) *По агрегатному состоянию* различаются отходы твердые, жидкие и газообразные.

3) *По месту возникновения* отходы подразделяются на бытовые, промышленные и сельскохозяйственные. Иногда употребляется термин «отходы поселений».

4) *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.).

5) *Отходы определённой продукции* — могут быть возвратными, безвозвратными и вторичным сырьем:

- Часть отходов, которая может быть использована в том же производстве, называется возвратными отходами. Сюда входят остатки сырья и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства товаров (выполнения работ, оказания услуг). Из-за частичной утраты некоторых потребительских свойств возвратные отходы могут использоваться в условиях со сниженными требованиями к продукту, или с повышенным расходом, иногда они не используются по прямому назначению, а лишь в подсобном производстве (например, автомобильные отработанные масла — для смазки неответственных узлов техники). При этом остатки сырья и др. материальных ценностей, которые передаются в другие подразделения в качестве полноценного сырья, а также попутная продукция, получаемая в результате осуществления технологического процесса, к возвратным отходам не относятся.

•Отходы, которые в рамках данного производства не могут быть использованы, но могут применяться в других производствах, именуются вторичным сырьём.

•Отходы, которые на данном этапе экономического развития перерабатывать нецелесообразно, образуют безвозвратные потери, их предварительно обезвреживают в случае опасности и захоранивают на спецполигонах.

1.2. Нормы образования и морфология ТБО

Скорость накопления отходов очень высока. В докладе Всемирного банка «Что такое отходы 2.0» отмечается, что без срочных действий глобальный объем отходов к 2050 году увеличится на 70 процентов по сравнению с нынешним уровнем. Ожидается, что благодаря быстрой урбанизации и растущему населению ежегодное глобальное образование отходов в течение следующих 30 лет вырастет до 3,4 млрд т/год, по сравнению с 2,01 млрд. т в 2016 году.

Страны с высоким уровнем дохода (16 процентов населения мира) вместе производят более трети (34 процента) мировых отходов. Регион Восточной Азии и Тихого океана ответственен за производство почти четверти (23 процентов) всех отходов. Ожидается, что к 2050 году образование отходов в странах Африки к югу от Сахары более чем утроится по сравнению с нынешними уровнями, а в Южной Азии объем отходов будет более чем удвоен.

На рис. 1.1. показана связь между благосостоянием и произведенным количеством бытового мусора на одного жителя в странах Европы.

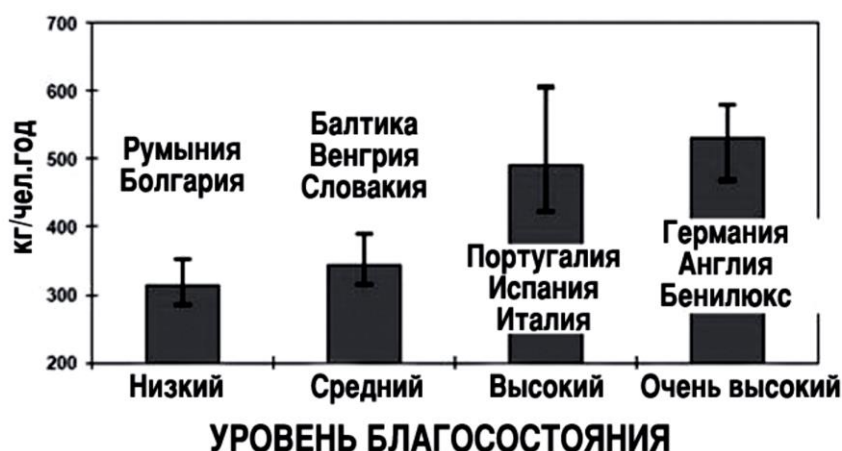


Рис. 1.1. Связь между благосостоянием и произведенным количеством бытового мусора на одного жителя в странах Европы

1.2.1. Нормы образования ТБО

В Узбекистане в соответствии с СанПиН РУ № 0068-96 среднее накопление ТБО на 1 жителя принимается 1.2 – 1.4 кг/сутки (0.0035 м³) или 450 – 510 кг в год (1.1 м³ в год), а в европейских странах цифра эта колеблется в среднем около 700 кг на человека в год. Общие объемы накопления ТБО в РУз сравнительно с США и Японией показаны на рис. 1.2.

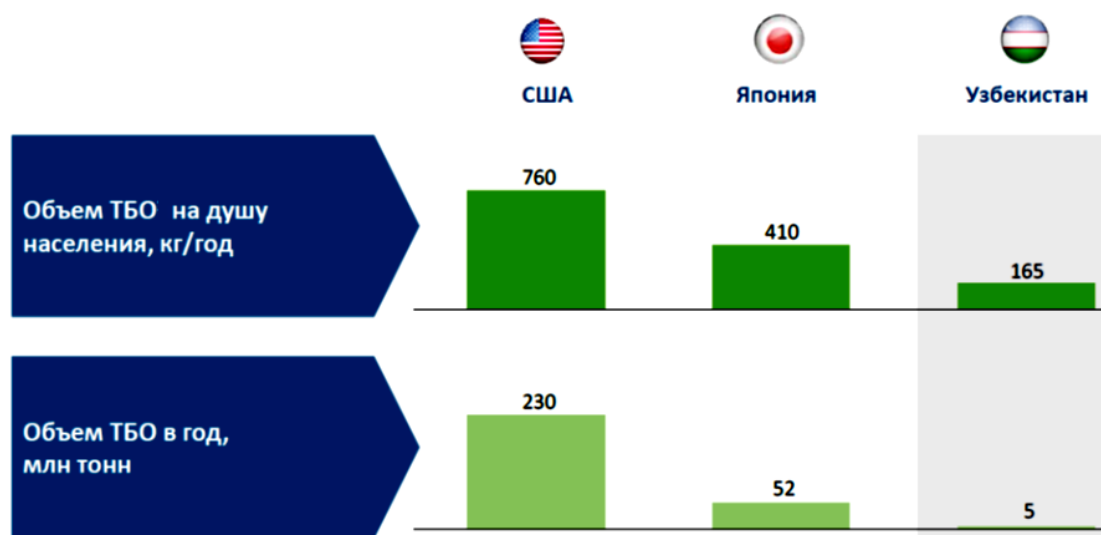


Рис. 1.2. Диаграмма объёмов ТБО в Узбекистане, Японии и США

1.2.2. Морфологический состав ТБО

Бытовые отходы представляет собой мусор, образующийся в результате жизнедеятельности человека (металл, биологические отходы, стекло, бумажные отходы, электронные бытовые приборы), некоторые виды промышленных и садоводческих отходов и прочий городской мусор (крупногабаритные отходы, мусор, собранный на городских улицах или рынках). Разновидности бытовых отходов показаны на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Разновидности бытовых отходов

Состав ТБО в Германии показан на рис. 1.4, а в США, Японии и Узбекистане – на рис. 1.5 и 1.6.

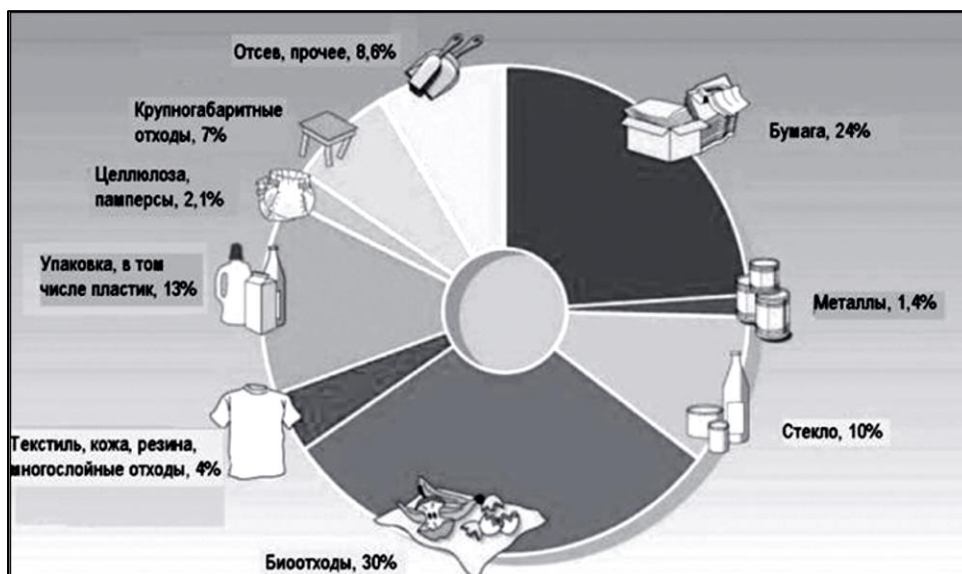


Рис. 1.4 Морфологический состав ТБО в Германии

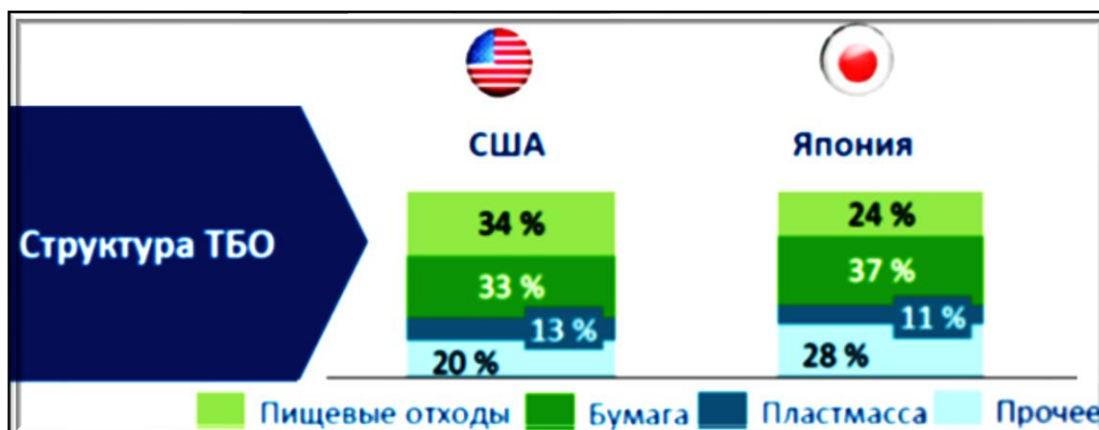


Рис. 1.5. Морфологический состав ТБО в Японии и США

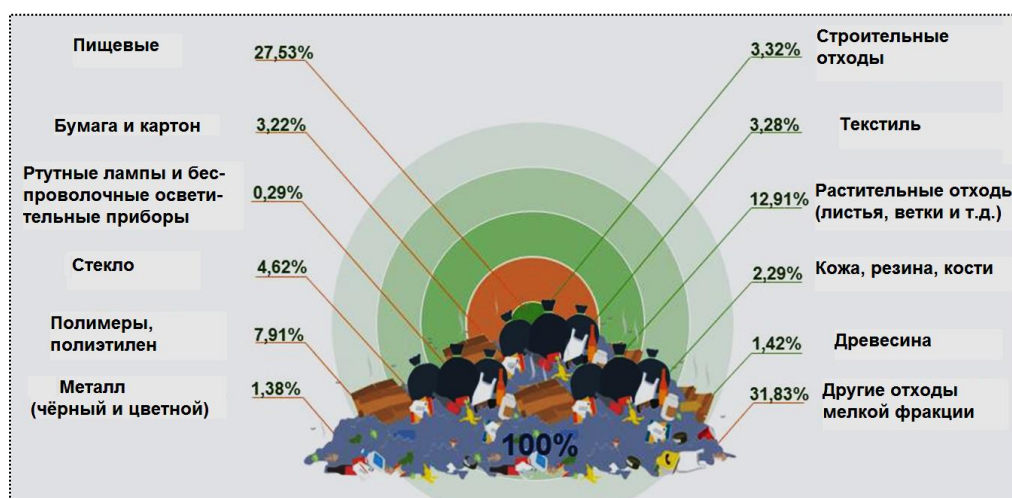


Рис. 1.6. Морфологический состав ТБО в Узбекистане

В Узбекистане из общего объема ТБО, собранного и вывезенного на полигоны спецавтопредприятиями в 2003 г., до 850 тыс. куб. м составляла макулатура, до 100 тыс.

— металл, до 140 тыс. — текстиль. В 2004 г. в Узбекистане было собрано и вывезено 3489,2 тыс. куб. м. ТБО, из них около 50% пришлось на Ташкент.

Состояние процессов накопления и переработки отходов в РУз в 2018 году показано на рис. 1.7.

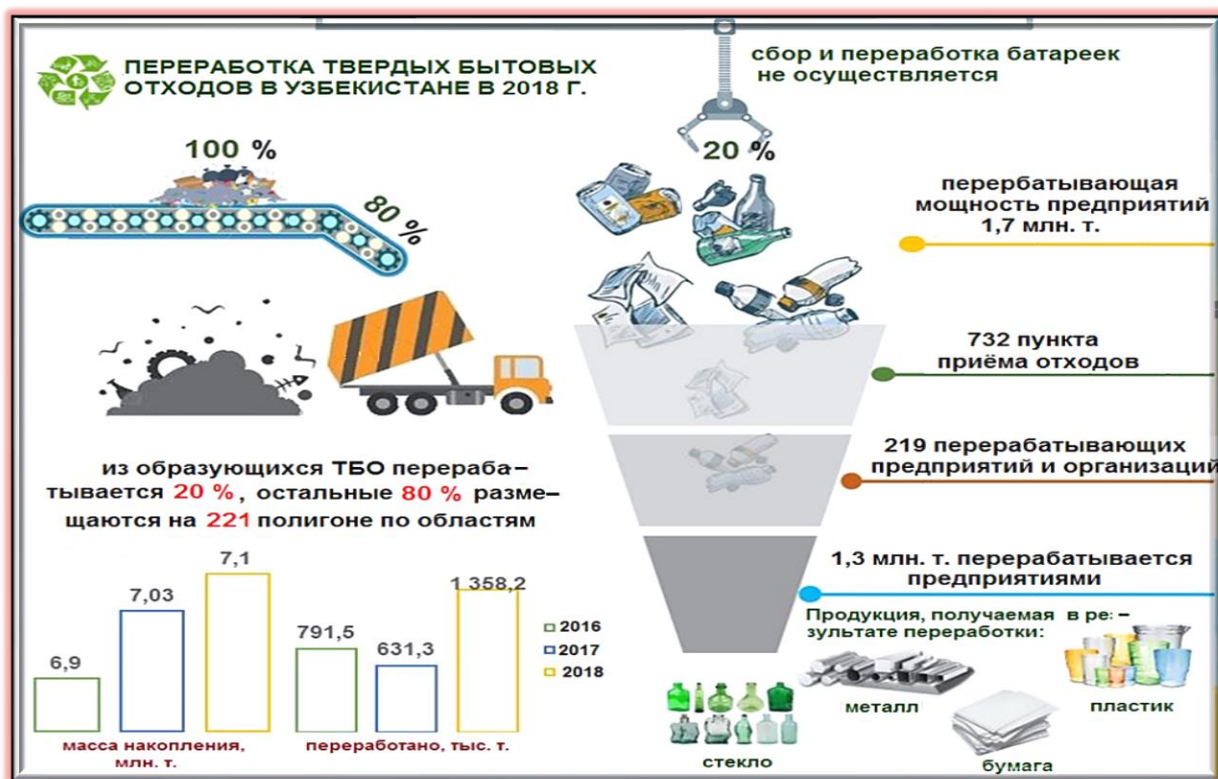


Рис. 1.7. Состояние процессов накопления и переработки ТБО в Узбекистане в 2018 г.

Все виды бытового мусора оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Особенную проблему представляет собой трудноразлагающийся мусор. В табл. 1.1 представлены сроки разложения разных видов мусора в естественных условиях.

Табл. 1.1.

Сроки биологического разложения бытового мусора

Виды ТБО	Сроки разложения
Пищевые отходы	От 10 дней до 1 месяца
Газетная бумага	От 1 месяца до 1 года
Картонные коробки	До 1 года
Бумага	2 года
Доски деревянные, железная арматура, железные банки, старая обувь	До 10 лет
Обломки кирпича, бетона, фольга, электрические батарейки	До 100 лет

Резиновые покрышки	Более 100 лет
Пластиковые бутылки	Более 100 лет
Стекло	Более 1000 лет

1.3. Накопление и виды промышленных отходов

Промышленные отходы могут оказывать трансграничное воздействие на окружающую среду, поэтому для оценки проблемы необходимо знать объемы накопления отходов не только в собственном, но и в соседних государствах.

1.3.1 Накопление твердых промышленных отходов в странах Средней Азии

Государства Средней Азии (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан) расположены на территории, богатой полезными ископаемыми. Развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности привело к образованию и накоплению огромных количеств горно-промышленных отходов.

В Казахстане на площади 129 тыс. га складировано более 40 млрд. т горнопромышленных отходов. Ежегодно образуется около 4 млрд. т таких отходов, из них используются не более 7%. Из почти 150 млн. т токсичных отходов используются 17%. На территории республики существуют 118 отвалов вскрышных пород, некондиционных руд и отходов переработки радиоактивных руд общим объемом 56 млн. м³ (площадь в 1412 га), радиоактивный фон которых составляет от 35 до 300 мкр/ч.

В Кыргызстане количество токсичных отходов составляет 81,95 млн. т. Кроме того, радиоактивному загрязнению подвергается территория площадью около 6 тыс. га, где сконцентрировано 145 млн. т радиоактивных отходов. Наибольшую обеспокоенность вызывают радиоактивные хвостохранилища и отвалы, расположенные в районе г. Майлуу-Суу. Часть из них подвержена опасности разрушения оползнями и размыва водотоками. Объем хвостохранилищ составляет 75 млн. куб. м, общий объем горных отвалов — 620 млн. куб. м., площадь охвата — 1950 га.

В Таджикистане количество накопленных производственных отходов превышает 210 млн. т. Продолжается деградация 11 хвостохранилищ в Сугдской области, где захоронено более чем 50 млн. т радиоактивных отходов. В наиболее опасном состоянии находятся три хвостохранилища и отвалы в районах г. Табошар и пгт. Адрасман. На этих объектах и прилегающих к ним территориям угроза экологической катастрофы усугубляется разрушением хвостохранилищ и отвалов вследствие селевых явлений и размывов водными потоками, ветровой эрозии. Действующее Дигмайское хвостохранилище подвержено активной ветровой эрозии. Оно расположено на площади 90 га на территории Бободжонгафуровского района, в 1,5 километрах от села Гозиён и в

10 км от Худжанда, представляет собой чашу высохшего водоема. В хвостохранилище накоплено 36 млн тонн радиоактивных отходов. Во времена уранового производства в него сбрасывались жидкие отходы. Когда это прекратилось, жидкость испарилась, и отходы в чаше превратились в твердый грунт. Защитного покрытия нет, только в 2016 г. были выделены средства для засыпки поверхности 50-сантиметровым слоем песка. Это хвостохранилище является источником повышенной активности радона и продуктов его распада. Уровень радиации в чаше хвостохранилища достигает 1200 мкр/час при допустимом радиационном фоне 20-40 мкр/час.

В Туркменистане ежегодно образуется более 1 млн. т отходов производства и потребления. Имеется 4 обустроенных полигона для захоронения токсичных отходов: Марыйский, Дашогузский, Ахалский и Лебапский, где сосредоточены в основном пришедшие в негодность ядохимикаты и пестициды. Места для организованного складирования и захоронения промышленных отходов практически отсутствуют, поэтому предприятия вывозят токсичные отходы на свалки ТБО, либо на специально отведенные места своей промзоны. В настоящее время в хранилищах, на полигонах и свалках накоплено 32,3 тыс. т токсичных отходов производства и потребления, 93% этого объема сосредоточены в Балканском велаяте. Свыше 90% токсичных отходов формируются за счет нефтешламов. В 2004 г. образовалось 1 062,6 т токсичных отходов. Основным загрязняющим компонентом токсичных отходов являются нефтешламы (92%).

В Узбекистане накопление промышленных идет быстрыми темпами. В 2007 г их объём составлял около 2 млрд т. К 2011 году на основных хранилищах, общей площадью 10329,7 га накоплено уже более 2,4 млрд. т промышленных и 71,9 млн м³ коммунально-бытовых отходов.



Рис.1.8. Распределение объемов накопления промышленных отходов по территории Республики Узбекистан

В 2017 г. годовой объем образования промышленных отходов на территории РУз составил 114,7 млн. тонн. Из этого объёма 98 % (112,3 млн. т) приходится на Навоийскую, Джизакскую, Самаркандскую и Ташкентскую области и г. Ташкент (см. рис. 1.8)

В таблице 1.2 представлены сведения о накоплении бытовых и промышленных отходов в РУз по областям.

Табл. 1.2.

Сведения о накоплении бытовых и промышленных отходов и местах для их захоронения в РУз

	Название области	Общее кол-во полигонов	Полигоны для захоронения ТБО			Масса накопления ТБО, т/год		Полигоны для размещения пром. отходов			Масса накопления пром. отходов, т/год	
			Кол-во, ед.	Площадь, га	Масса отходов, тыс. т	2015	2018	Кол-во, ед.	Площадь, га	Масса отходов, тыс. т	2015	2017
1.	Республика Каракалпакстан	34	31	175,7	1988,8	386 118,9	403 485,6	3	68,2	8 006,6	45 799,9	46 389,9
2.	Андижанская	18	16	47,0	4150,2	625 748,7	659 540,4	2	7,0	9,7	36 829,3	172 336,9
3.	Бухарская	27	20	120,3	3189,4	391 002,6	409 530,0	7	28,6	63,8	114 592,0	124 399,5
4.	Джизакская	16	14	112,7	1188,0	273 771,9	290 153,1	2	75,0	16 642,2	6 850 548,3	7 731 654,8
5.	Самаркандская	23	16	92,9	7436,3	769 741,2	814 592,4	7	335,6	37 297,6	5 037 823,8	5 475 426,4
6.	Сурхандарьинская	22	20	203,4	2277,3	516 467,7	550 368,9	2	55,0	271 540,2	105 920,6	589 709,4
7.	Сырдарьинская	13	10	49,5	853,1	170 184,9	178 638,3	3	10,1	22,3	6 048,6	12 726,2
8.	Наманганская	18	15	76,2	4868,1	559 369,8	591 081,0	3	56,6	6 172,6	31 285,2	224 141,8
9.	Навоийская	29	12	76,8	2457,0	199 990,8	209 758,2	17	5 223,6	1 168 098,6	47 077 864,5	48 777 760,3
10.	Ферганская	26	20	138,5	3297,5	754 433,1	792 801,9	6	25,1	7,3	100 633,4	80 567,5
11.	Хорезмская	13	10	60,2	3149,3	375 716,4	395 229,3	3	16,5	37,2	91 548,6	243 075,4
12.	Кашкадарьинская	24	18	156,9	5504,2	647 999,1	689 433,9	6	124,4	33 397,5	787 449,1	842 101,4
13.	*Ташкентская	33	19	183,3	40589,0	1 123 382,4	1 166 591,1	14	3 451,8	924 834,2	40 738 229,9	50 389 141,8
Всего		296	221	1 493,2	80949,0	6 793 927,5	7 151 204,1	75	9 477,5	2 466 129,8	101 024 573,2	114 709 431,3

** Данные по Ташкентской области и г. Ташкенту*

Более 97,8% -98,4% токсичных отходов образуются на Навоийском и Алмалыкском ГК (в сумме от 96,6 до 97,7%) и на предприятиях Узбекэнерго (от 0,7 до 1,2%). Значительное количество отходов образуется и на предприятиях химической промышленности, являющейся поставщиком в окружающую среду значительного количества таких отходов как фосфогипс, лигнин, марганцевый шлам, сера.

До 99,9% токсичных отходов относятся к 3 и 4 классам опасности.

Из ежегодно образующихся токсичных отходов 0,08% утилизируется, 0,11% передается другим организациям по договорам («Вторчермет» и т.д.), а остальное направляется в места организованного хранения. Только 0,2% от общего количества отходов возвращается в производство в виде вторичных ресурсов, основная масса накапливается в шламонакопителях, хвостохранилищах, на территориях предприятий. Следует отметить, что большая часть отведённых под отходы земель ранее являлись пригодными для сельского хозяйства.

Места захоронения отходов чаще всего не имеют никакой инженерной системы защиты, предотвращающей попадание отходов в окружающую среду: если таковая имеется, то находится в неудовлетворительном состоянии. В отвалах, хвостохранилищах, шламонакопителях и свалках накоплено около 3 млрд. т твердых отходов.

Ежегодно в виде пород вскрыши, хвостов флотационного обогащения, различных шлаков, клинкеров складывается более 110 млн. т отходов в год. В отраслях цветной и горной металлургии ежегодно образуется до 300 тыс. т шлаков металлургического производства. Эти отходы представляют собой прямую опасность. Неконтролируемое и нерегламентированное образование отходов порождает угрозу загрязнения окружающей среды, ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку в местах жизнедеятельности населения.

На основании приведенного анализа процесса накопления и хранения твердых промышленных отходов можно сделать вывод, что весь среднеазиатский регион находится в состоянии, близком к экологической катастрофе.

1.3.2. Жидкие отходы

Жидкие отходы давно являются реальной проблемой для всего человечества. Они возникают в процессе жизнедеятельности человека и промышленного производства. То, насколько эффективно будет решаться проблема их очистки, имеет решающее значение в охране окружающей среды.

На данный момент существует следующая классификация жидких отходов:

- отработанные масла;
- отходы нефти и нефтепроизводства;
- стоки хозяйственно-бытовых предприятий, коммунальные и производственные сточные воды;
- жидкие отходы лакокрасочных материалов и клеев;
- радиоактивные растворимые отходы;
- гальванические электролиты и гальваношламы;
- осадки сооружений биологической и физико-химической очистки сточных вод;
- отработки негалогенированных растворителей;
- жидкие стоки пищевых производств и неликвидные жидкие пищевые продукты;
- жидкие отходы медицинского производства;
- жидкие отходы животных и растительных жиров.

Жидкие бытовые отходы — отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности физических лиц и деятельности юридических лиц (сточные воды, различные виды жидких нечистот, которые скапливаются в выгребных ямах и септиках, помойные отходы от производственных процессов, фекальные отходы нецентрализованной канализации).

В Узбекистане некоторые требования по обращению с жидкими бытовыми отходами отражены в СанПиН № 0329-16. Санитарные правила и нормы содержания и благоустройства территорий населенных мест в условиях Республики Узбекистан. Установлены требования по сбору жидких бытовых отходов в неканализованных домовладениях (устройство, правила очистки и дезинфекции дворовых «помойниц» и уборных).

Бытовые сточные воды г. Ташкента отводятся на три очистных сооружения общей установленной мощностью 1 945 тыс.м³/сутки:

1. Саларская станция аэрации – с 1961 г. осуществляет работу с проектной мощностью - 1120 тыс.м³/сут. Производительность Саларской станции аэрации в настоящее время – 810 тыс. м³/сут. Площадь Саларской станции аэрации - 113 га.

2. Бозсуйская станция аэрации – с 1963 г. осуществляет работу с проектной мощностью - 800 тыс. м³/сут. Производительность Бозсуйской станции аэрации в настоящее время - 750 тыс. м³/сут. в настоящее время эффективность очистки сточных вод составляет 52%. Площадь Бозсуйской станции аэрации - 120 га.

3. Бектемирские и Бинокорские сооружения – с 1976 г. осуществляют работу с проектной мощностью 25 тыс. м³/сут. Площадь Бектемирских и Бинокорских сооружений - 7 га.

1.3.3. Пылевидные и газообразные отходы

В технологических процессах промышленных предприятий кроме твердых отходов образуются пыль и отработанные газы.

Пыли, содержащиеся в отходах промышленных производств, особенно опасны для окружающей среды из-за способности легко распространяться в атмосфере. Кроме того, пыль часто содержит ценные сырьевые компоненты, потеря которых наносит ущерб производству. Пыли представляют собой диспергированные вещества размерами от 1 до 500 мкм, которые необходимо улавливать специальными пылеулавливающими аппаратами.

Промышленные газообразные отходы подразделяют на токсичные и нетоксичные. Причем токсичные газообразные отходы подразделяют на 2 категории: 1) содержащие токсичные вещества в виде твердых частичек, пыли и 2) содержащие токсичные вещества в виде паров и газов. Обе категории, соответственно, делятся на отходы, содержащие вещества неорганического происхождения (асбест, соли минеральных кислот) и органического происхождения.

Структура общих валовых выбросов по республике Узбекистан: 50,3% приходится на оксид углерода, 16% - на диоксид серы, 15,2% – на углеводороды, 8,5% – на оксиды азота, 6,6% - на твердые вещества, 3,6% – на прочие специфические вредные вещества. В выбросах стационарных источников преобладают такие вещества как диоксид серы, углеводороды, твердые вещества (рис. 1.9). В выбросах мобильных источников преобладают – оксид углерода, углеводороды, оксиды азота (рис. 1.10).

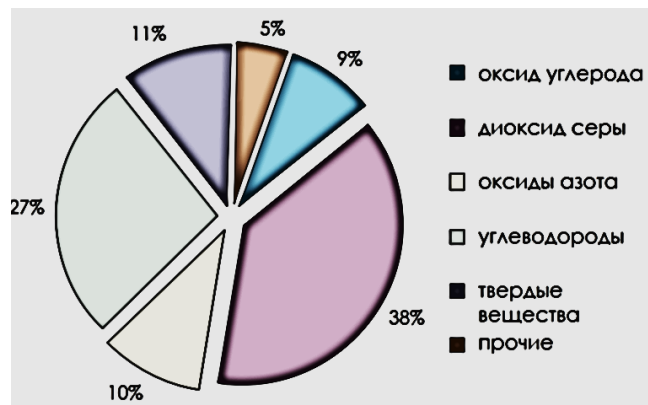


Рис. 1.9. Структура выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по республике

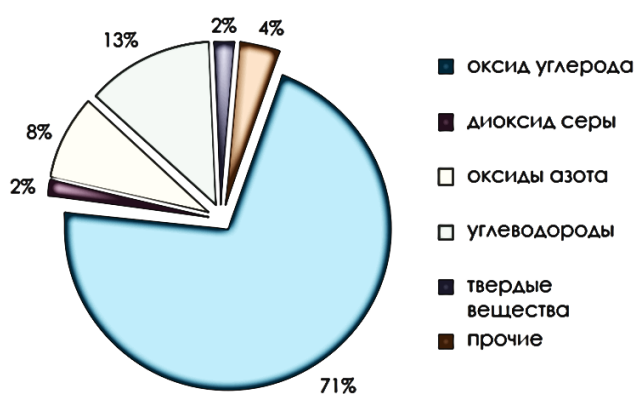


Рис. 1.10. Структура выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников по республике

Наблюдается тесная зависимость между распределением выбросов, как от стационарных, так и от передвижных источников и уровнем развития промышленности по областям (рис. 1.11). Каракалпакстан и Хорезмская область характеризуются низким уровнем развития промышленности. Для них характерно высокое пылевое загрязнение атмосферы за счет природных источников: усохшая часть Аральского моря, пустынная и полупустынная зоны. В промышленных центрах городов Нукус и Ургенч состояние приземного слоя атмосферы формируется выбросами автотранспорта, предприятий стройиндустрии и пищевой промышленности. Наиболее развита промышленность в Ташкентской, Ферганской, Кашкадарьинской областях республики. В общем объеме валовых выбросов загрязняющих веществ основная доля приходится на энергетику, нефтегазовую и металлургическую отрасли (рис. 1.12).

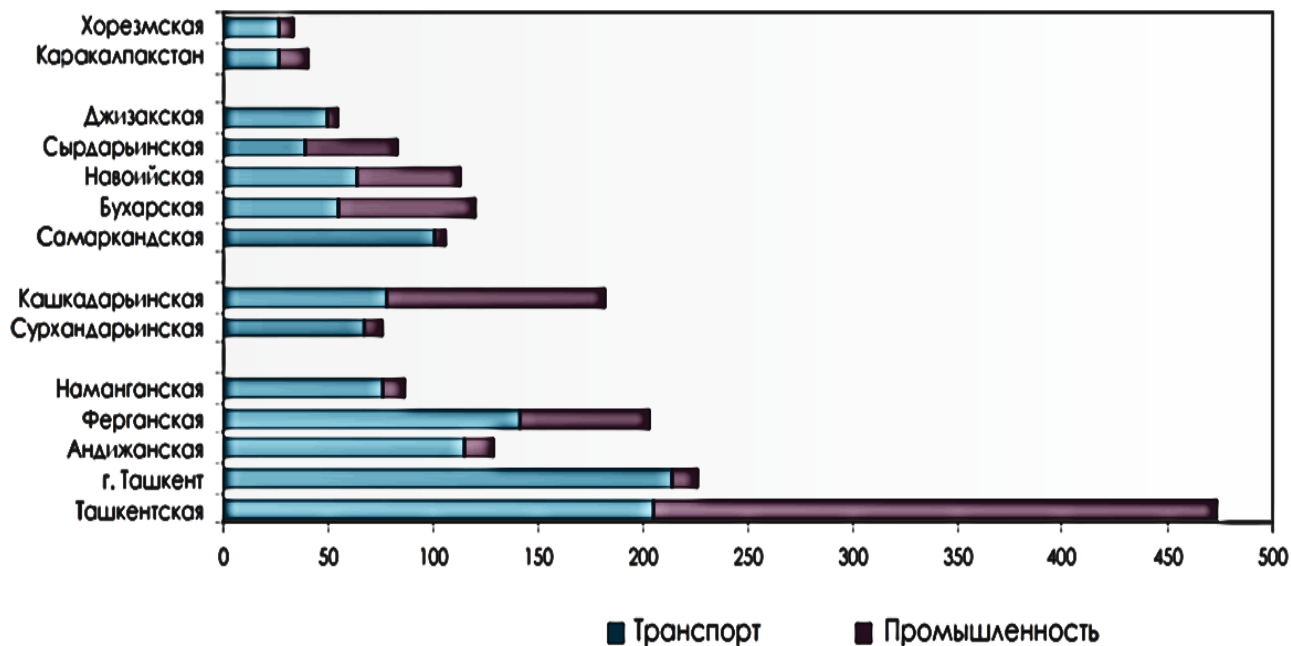


Рис. 1.11. Распределение выбросов (тыс.т/год) от стационарных и передвижных источников по областям



Рис. 1.12. Доля основных отраслей промышленности в общем объеме валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Суммарная мощность антропогенных источников выбросов твердых частиц в атмосферу по республике значительно ниже, чем природных и оценивается в 1,311 млн.тонн/год. Доля твердых частиц в антропогенных выбросах невысокая и составляет для промышленных источников 16 %, а для передвижных источников - 2 % (рис. 1.13).

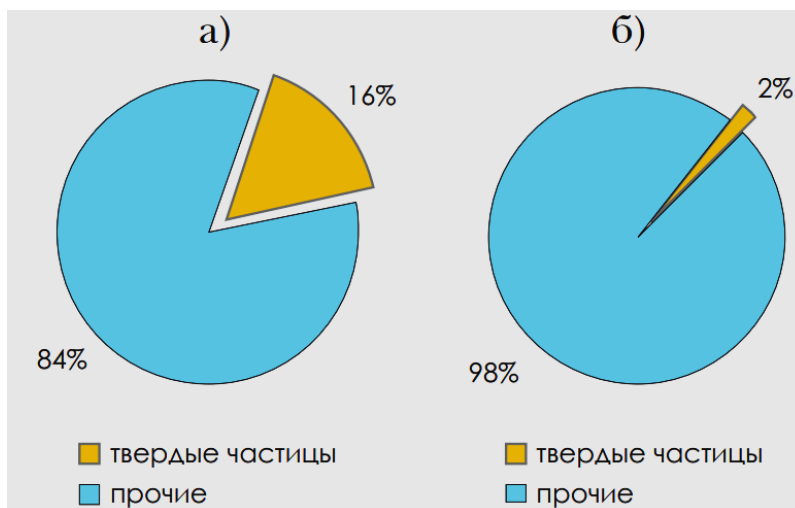


Рис. 1.13. Доля твердых частиц в выбросах а) от промышленных источников б) от передвижных источников

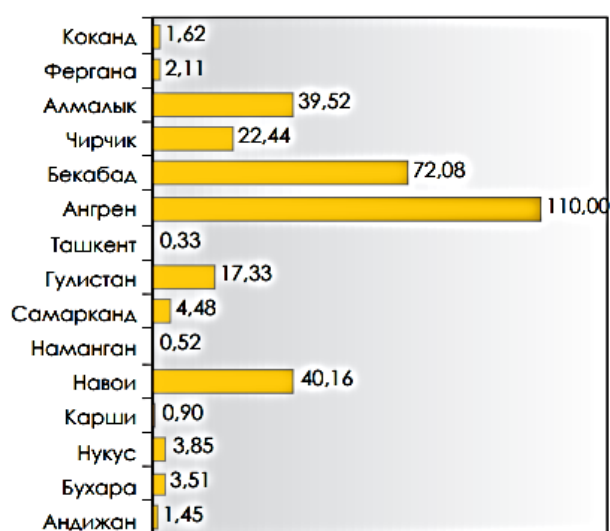


Рис. 1.14. Удельные выбросы пыли в атмосферу от стационарных источников в городах республики (кг/чел.)

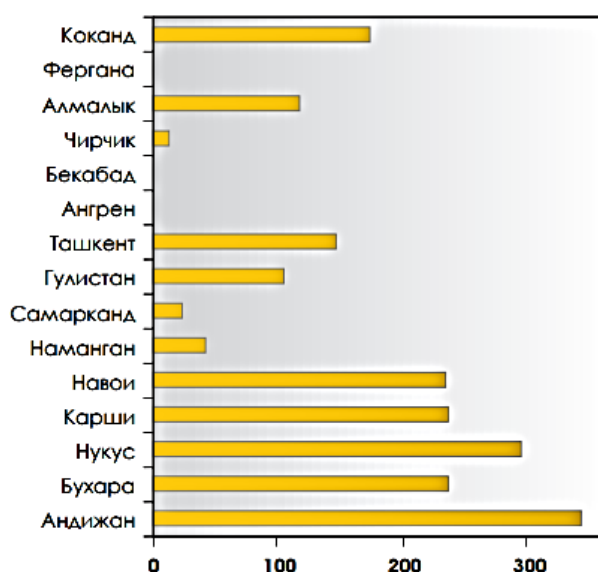


Рис. 1.15. Максимальное количество дней в году с превышением ПДКс.с. по пыли в городах республики

В целом по республике количество выбросов твердых частиц от промышленности значительно выше, чем от автотранспорта. Основными источниками поступления промышленной пыли являются предприятия Государственной акционерной компании «Узбекэнерго», «Узстройматериалы», «Узхлопкопрома».

Контрольные вопросы

1. Дайте определение отходов. Как их можно классифицировать?

2. Как подразделяются отходы по классам опасности? По какому признаку отходы можно отнести к опасным?
3. От чего зависят нормы образования ТБО?
4. Охарактеризуйте процессы накопления ТБО в Узбекистане и других странах.
5. Каков морфологический состав ТБО? Как он отличается для разных стран?
6. Охарактеризуйте состояние накопления промышленных отходов в странах Средней Азии.
7. Что относится к жидким отходам?

ГЛАВА 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ И РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

2.1. Основные исторические вехи развития европейской экологической политики

Экологическая политика Европейского сообщества осуществляется уже почти три десятка лет, и в своём развитии прошла несколько этапов. ЕС в настоящее время является одним из мировых лидеров в сфере международного природоохранного сотрудничества. При этом экологическая политика ЕС неразрывно связана с глобальными мероприятиями в сфере защиты окружающей среды, в том числе проводимыми под эгидой ООН. Защита окружающей среды является одним из приоритетных направлений деятельности ЕС наряду с другими направлениями интеграции. ЕС обладает широкой компетенцией в области охраны окружающей среды, в этой сфере издаётся значительное количество общеевропейских нормативных актов. ЕС обладает также необходимыми полномочиями на осуществление международного сотрудничества в экологической сфере и в области окружающей среды.

Следует выделить пять этапов формирования экологической политики стран Европы. Изначально Римский учредительный договор 1957 года не предоставлял полномочий в области охраны окружающей среды. К началу 1970-х годов XX века, в связи с обострением экологического кризиса в Европе, возникла необходимость осуществления экологических мер на межгосударственном уровне.

Первый этап (1957-1971) характерен отсутствием у стран Европейского экономического союза (ЕЭС) правовой компетенции в сфере окружающей среды. Проводились лишь единичные факультативные мероприятия. Первоначально «окружающая среда» не была выделена Римским договором об образовании ЕЭС 1957 года как сфера общеевропейской интеграции. В целом, несмотря на отсутствие общей

политики в данной сфере в указанный период, институты европейских государств были подготовлены к расширению своей деятельности в экологическом направлении.

Второй этап (1972-1985). Характерно проведение начальных мероприятий по защите окружающей среды странами ЕЭС, появление первых программ действий в этой сфере, начало развития правового регулирования в области экологии. В 1972 году Совет глав правительств стран ЕЭС принял решение о расширении компетенции в области окружающей среды. Государства присоединились к ряду важнейших международных конвенций по охране окружающей среды, например, Конвенции об охране дикой флоры и фауны и природных мест обитания в Европе (Бернская конвенция, 1979), Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Женева, 1979). Второй этап прошел под знаком становления политики Сообщества в отношении окружающей среды и разработки основных способов её правового регулирования.

Третий этап (1986-1991) можно охарактеризовать как этап закрепления прав и ответственности в области охраны окружающей среды. Единый Европейский Акт 1986 года внёс изменения в Римский договор 1957 года. В нем были определены цели и задачи, принципы и направления политики ЕС в области охраны окружающей среды. В целом, на первых этапах мероприятий по защите окружающей среды, за период с 1972 года было принято около 200 законодательных актов, регулирующих проблемы промышленных отходов, загрязнения воды и воздуха. Характерной чертой этого периода был вертикальный и секторальный подход к экологическим проблемам, на нем базировались первые программы действий ЕС в области защиты окружающей среды.

Вертикальные отношения – такие, в которых один участник подчинен другому. Возникают по волеизъявлению вышестоящего должностного лица помимо или против воли подчиненного субъекта.

Горизонтальные отношения – складывающиеся между не соподчинёнными субъектами (например, между различными министерствами).

Четвертый этап (1992-2002) – возникновение ЕС (Маастрихтский договор 1992 г.) и совершенствование его экологической политики. В целом за это время были обозначены основные направления текущей экологической политики и распределение полномочий между институтами ЕС. Сегодня цели и задачи политики ЕС в отношении окружающей среды формулируются следующим образом:

- сохранение, защита и улучшение состояния окружающей среды;
- забота о защите здоровья людей;

- достижение рационального использования природных ресурсов;
- содействие на международном уровне мерам, направленным на решение региональных и глобальных проблем охраны окружающей среды.

В область правового регулирования защиты окружающей среды, осуществляемого ЕС, вошли такие меры, как экологическая стандартизация, оценка антропогенных и техногенных воздействия на окружающую среду, сбор и обработка экологической информации, мониторинг состояния окружающей среды, экологическая сертификация², экологический менеджмент³ и экологический аудит⁴, развитие механизма финансирования и защита экологических прав. Таким образом, середина 1990-х годов характеризуется выделением экологической политики в качестве одного из приоритетных направлений деятельности ЕС. С 1998 года Европейской комиссией и Европейским советом в Вене была провозглашена задача включения вопросов окружающей среды во все направления политики Европейского Союза.

Пятый этап (2003 — по настоящее время). Сегодня экологическая деятельность ЕС осуществляется на основе экологической компетенции, предусмотренной статьями Договора о ЕС. Экологическая деятельность неразрывно связана с другими направлениями деятельности ЕС. На современном этапе в ЕС проводится совершенствование правового регулирования охраны окружающей среды. В частности, были обновлены акты, являющиеся правовой базой системы сбора и обработки экологической информации, мониторинга окружающей среды, экологической сертификации, проведения оценки воздействия на окружающую среду, механизма финансирования экологических мероприятий (рис. 2.1).

Европейское сообщество на сегодняшний день нацелено на достижение устойчивого развития и придерживается следующих эколого-политических принципов:

- Принцип превентивных действий, т.е. деятельность Сообщества направлена на предупреждение, профилактику загрязнения или иного ущерба окружающей среде. Угроза ущерба окружающей среде должна быть учтена заранее, при принятии решений, а не потом при возникновении загрязнения;
- Принцип возмещения ущерба окружающей среде, причем указан основной метод реализации данного принципа - устранение источников ущерба. Этот принцип

² Экологическая сертификация – это процедура подтверждения соответствия продукции, услуги, объекта предъявляемым экологическим требованиям.

³ Экологический менеджмент — часть общей системы корпоративного управления, которая обладает четкой организационной структурой и ставит целью достижение положений, указанных в экологической политике посредством реализации программ по охране окружающей среды

⁴ Экологический аудит — независимая оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности нормативно-правовых требований в области охраны окружающей среды и подготовка рекомендаций в области экологической деятельности.

обязывает в случаях невозможности избежать ущерба окружающей среде – «минимизировать» его, сдержать его распространение и устранить его в кратчайшие сроки. Причинитель ущерба платит, т. е. ущерб оплачивается теми, кто его причинил (“загрязнитель платит”). Расходы на превентивные меры, очистку и компенсацию за загрязнения ложатся на виновников загрязнения. Давно известно, что методы финансового стимулирования и штрафования более эффективны, чем наложение каких-то обязательств или запретов;

• Принцип кооперации, в котором конфликты разрешаются по взаимному согласию при участии всех сторон. Например, разрешение на строительство какого-либо объекта дается с учетом мнения общественности.



Рис. 2.1. Экологическая политика стран ЕС

Европейский союз принимает многочисленные директивы об охране окружающей среды, которые его государства-члены должны внедрять в национальное право. Можно сказать, что ЕС постепенно превращается в «экологический союз».

2.2. Основные директивы в сфере управления отходами

С 1970 г. Европейский экономический союз стал проводить последовательную экологическую политику. В законодательстве Европейского Союза принято несколько форм правовых документов, основными из которых являются регламент, директива и решение. Большинство нормативно-правовых документов экологического права имеют

форму регламентов или директив. Основные различия между регламентами и директивами следующие:

- Регламенты являются документами прямого действия, то есть они становятся законами государств-членов с момента их принятия. Суды в государствах-членах опираются на регламенты как на национальные законы (фактически регламенты имеют большую юридическую силу, чем национальные законы, и в случае конфликта отменяют действие последних).

- Директивы также являются обязательными, однако они начинают действовать, только когда становятся частью национального законодательства. Соответственно, директивы содержат указание на период времени, в течение которого они должны быть воплощены в национальном законодательстве государств-членов - 12 месяцев, 2 года или дольше.

Как директивы, так и регламенты могут быть приняты Советом, Советом и Европейским Парламентом совместно или Комиссией⁵.

Вся структура управления отходами Европейского Союза излагается в рамочной⁶ Директиве об отходах с дополнением в виде Директивы об опасных отходах. Обе директивы создают базу для формирования системы управления отходами, которая далее развивается в производных директивах. В каждой конкретной стране Европейского союза могут действовать свои законы, но они не должны противоречить общеевропейским директивам и обеспечивать выполнение их требований регулируя удаление отходов и обеспечивая требуемый уровень экологической безопасности (законодательство конкретной страны может быть более жестким, чем общеевропейские директивы, но не наоборот).

Страны-члены должны создавать или назначать компетентный орган или органы, которые будут нести ответственность за внедрение Директивы. Задачами этих органов являются составление планов управления отходами, выпуск разрешений, инспектирование очистных сооружений.

Рамочная директива по отходам (РДО) является базовым законом ЕС в сфере управления отходами. Она была принята в 1975 г. и переработана в 2006 г. В настоящее время в Директиву вносятся поправки и в дальнейшем она будет объединена с Директивой по опасным отходам и Директивой по отработанным маслам. Директива устанавливает базовую систему управления и переработки отходов и содержит

⁵ **Европейский совет (Совет)** — высший политический орган Европейского союза, состоящий из глав государств и правительств государств — членов ЕС. **Европейская комиссия** — высший орган исполнительной власти Европейского союза, ответственный за подготовку законопроектов, выполнение решений Европарламента и Совета и др.

⁶ **Рамочные законы** – особая форма законодательных актов, принимаемых парламентом, устанавливающих лишь общие принципы регулирования к.-л. сферы.

основные требования к очистным сооружениям. Рамочная директива по отходам распространяется на все потоки отходов (исключение составляют ядерные отходы и некоторые другие специфичные виды отходов). Она устанавливает так называемую иерархию отходов, правила планирования управления отходами, включающего квалифицированный сбор отходов и их переработку, и требует соблюдения некоторых обязательных процедур на очистных заводах.

Европейская политика по отходам в качестве приоритетной цели ставит предотвращение или уменьшение производства отходов и их вредности.

Иерархии управления отходами указывают порядок предпочтения для действий по сокращению и регулированию отходов, и, как правило, представлены схематично в виде пирамиды. Иерархия отражает продвижение материала или продукта через последовательные стадии обращения с отходами, и представляет собой последнюю часть жизненного цикла для каждого продукта.

Целью иерархии является извлечение максимальной выгоды из любых продуктов и генерировании минимального количества отходов. Надлежащее применение иерархии отходов может принести значительную пользу: предотвратить выбросы парниковых газов, уменьшить загрязнение ОС, экономить энергию и ресурсы, создавать новые рабочие места и стимулировать развитие экологически чистых технологий.

Наилучшими вариантами использования отходов считаются:

- Вторичное использование отходов посредством переработки, повторного использования, улучшения или любого другого процесса, целью которого является получение вторичного сырья,
- Использование отходов в качестве источника энергии («восстановление энергии»).

РДО рассматривает приведенные выше варианты как равноценно хорошие, в отличие от некоторых директив по определенным видам отходов, которые предписывают, что определенный минимум их должен быть подвергнут переработке. Последним вариантом при управлении отходами является разумная их утилизация, которая включает в себя размещение отходов на наземных полигонах, а также сжигание смешанных отходов домохозяйств в специальных мусоросжигательных печах. Общим требованием РДО является то, что страны-члены должны принимать необходимые меры для обеспечения переработки отходов или избавления от них, но способом, безопасным для здоровья человека и без использования процессов или методов, могущих оказать вредное воздействие на окружающую среду. Страны-члены должны также принимать меры для запрещения образования несанкционированных свалок отходов. Однако Рамочная Директива по Отходам провозглашает лишь принципы управления отходами,

которые не предусматривают никакого механизма, способного эффективно предотвратить несоблюдение требований. В свою очередь, директивы по специфичным потокам отходов устанавливают обязательные по закону требования, выполнение которых может быть проконтролировано Европейской Комиссией (посредством делопроизводства по нарушениям) в отношении восстановления и особенно вторичного использования отходов. Для смешанных отходов равных по степени законности требований не существует.

Одним из базовых в РДО является принцип «платит загрязнитель»: затраты на уничтожение отходов должны оплачиваться их держателем, пользующимся услугами сбора или уничтожения отходов; и/или предыдущим держателем или производителем, ставшим источником отходов.

Директива по опасным отходам (ДОО) определяет особые требования для опасных отходов (т. е. особенно токсичных, канцерогенных, и т. д. – отходов, обычно производимых промышленностью). Она содержит критерии для разработки перечня опасных отходов, устанавливает запрет на смешивание и требует планирования управления опасными отходами. ДОО уполномочивает Европейскую Комиссию разработать перечень опасных отходов и дает некоторые ориентиры по поводу того, какие виды отходов должны быть рассмотрены, когда Комиссия будет составлять перечень. Более того, ДОО предполагает, что список Комиссии может быть неполным и не включать всех существующих опасных отходов, поэтому от стран-членов приветствуется дополнение списка. Страны-члены должны предпринимать необходимые меры для того, чтобы на каждом месте свалки опасных отходов выполнялось требование об учете и идентификации отходов. ДОО устанавливает запрет на смешивание определенных видов опасных отходов между собой, а также на смешивание с неопасными отходами. Самое важное заключается в том, что опасные отходы не могут быть смешаны с целью разбавления их опасных свойств, чтобы таким образом изменить их категорию опасности на другую. Разрешение на смешивание отходов может быть выдано только в исключительных случаях, при условии, что такое смешение экологически целесообразно, и особенно, если оно служит улучшению безопасности во время уничтожения или восстановления.

Постановление о транспортировке отходов (ПТО) устанавливает ограничения по транспортировке отходов как внутри, так и вне территории Европейского Союза [Трансграничная Транспортировка Отходов (ТТО)] из экологических соображений. ПТО

обеспечивает выполнение решений Базельской Конвенции⁷ и Совета Организаций Экономического Сотрудничества и Развития в ЕС. Первоначальное Постановление о Транспортировке Отходов было фундаментально усовершенствовано в 2006 г., новые условия вступили в силу с 1 августа 2007 г. Целью контроля за Трансграничной Транспортировкой Отходов является обеспечение высокого уровня защиты окружающей среды и здоровья человека. Также целью является предотвращение несанкционированного сброса отходов из других стран, а также неконтролируемой переработки опасных отходов. ПТО предполагает две процедуры по контролю за транспортировкой отходов:

- процедура при ранее достигнутом уведомлении и согласии: процедура применима ко всем отходам, предназначенным для уничтожения, и опасным и полуопасным отходам, предназначенным для переработки («Желтый список»);
- процедура, при которой груз сопровождается определенной информацией, применима к неопасным отходам, предназначенным для переработки («Зеленый Список»).

Основным правилом является то, что обо всех трансграничных перевозках отходов, предназначенных для уничтожения, должно быть сообщено компетентным органам и разрешено ими, это относится как к компетентным органам в точке отправления, так и в точке назначения, и где необходимо, в транзитных пунктах. На смешанный городской мусор (мусор домохозяйств и т. д.) обычно распространяются правила по отходам, предназначенным для уничтожения, что дает возможность органам власти отказать в трансграничной перевозке смешанных отходов домохозяйств. Экспорт отходов, предназначенных для уничтожения, за пределы территории ЕС запрещен (исключение составляют страны Европейской ассоциации свободной торговли ЕАСТ, которые также являются участниками Базельской Конвенции). Отходы, перечисленные в «Желтом Списке» и предназначенные для переработки, в принципе подчиняются правилам по отходам для уничтожения. Трансграничные перевозки отходов «Зеленого Списка», предназначенные для переработки, не нуждаются в уведомлении компетентных органов или получении разрешения от них. Применяются лишь некоторые административные информационные требования.

Правила для отдельных категории отходов (директивы по переработке/восстановлению).

⁷ **Базельская конвенция** о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением принята на Конференции в Базеле 22 марта 1989, насчитывает 170 стран-участниц. Ратифицирована Узбекистаном в 1995 г.

Хотя Рамочная Директива по Отходам устанавливает базовую иерархию по отходам, в ней нет законодательно обязывающих и принудительных мер по восстановлению смешанного твердого мусора, так как иерархия лишь определяет политическую «цель» и не принуждает при помощи показателей к переработке. В противоположность этому, за последние годы на европейском уровне был принят ряд директив, регулирующих отдельные категории отходов. Эти директивы относятся к следующим направлениям:

- упаковочные отходы;
- изношенные автомобили;
- батареи;
- электрическое и электронное оборудование;
- отходы добывающей промышленности.

Все эти Директивы отражают иерархию управления отходами, обозначенную в Рамочной Директиве по Отходам, где приоритет дается предотвращению/уменьшению производства специфичных отходов, а восстановление и переработка рассматривается как второй из лучших вариантов.

Директива по изношенным автомобилям (ДИА) регулирует сбор и переработку изношенных автомобилей. ДИА призывает предпринимателей сокращать количество выброшенных автомобилей путем повторного использования ресурс-эффективных материалов, устранения опасных веществ из автомобилей, и включения в конструкцию автомобиля все большего числа восстанавливаемых материалов. Кроме того, ДИА устанавливает запрет на использование определенных материалов в конструкциях либо запчастях автомобилей.

Двумя базовыми новшествами ДИА являются следующие:

- Бесплатная система возврата изношенных автомобилей, обязательная для соблюдения производителями и другими экономическими субъектами (с 1 января 2007 г. обязательна для всех автомобилей);
- Целевые показатели по восстановлению и переработке изношенных автомобилей. Статья 5 ДИА обязывает страны-члены принимать необходимые меры для обеспечения:

- создания субъектами экономики систем приема изношенных автомобилей и, насколько это технически целесообразно, использованных частей, изъятых при ремонте пассажирских автомобилей,
- создания необходимого количества пунктов приема на своих территориях.

Директива по отслужившему электрическому и электронному оборудованию – одна из наиболее поздних в числе узконаправленных директив по отходам. Электрическим и электронным оборудованием называется такое, для надлежащей

работы которого необходим электрический ток или электромагнитные поля, а также оборудование, предназначенное для генерирования, передачи и измерения таких токов и полей. Директива предписывает странам-членам стимулировать разработку и производство электрического и электронного оборудования с учетом возможностей демонтажа и восстановления, в частности повторного использования и переработки оборудования, его компонентов и материалов.

Страны-члены должны принять надлежащие меры для того, чтобы минимизировать выброс отслужившего оборудования в смеси с несортированными городскими отходами и достигнуть высокого уровня отдельного сбора такого оборудования. Директива обязывает страны-члены создавать системы, позволяющие конечному пользователю и дистрибьюторам возвращать оборудование бесплатно. ДООЭО предписывает минимальный показатель отдельного сбора оборудования от домохозяйств в количестве 4 кг в среднем на 1 жителя в год. Переработка должна как минимум включать в себя изъятие жидкостей. Директива устанавливает также целевые показатели по переработке и восстановлению, которые изменяются в зависимости от категории оборудования.

Принцип ответственности производителя является главным механизмом, введенным Директивой. Действующими лицами являются производители или третьи стороны, и это они несут ответственность за сбор, переработку, восстановление и уничтожение оборудования экологически безопасным способом. Они ответственны за финансирование, маркировку, организацию, сбор и предоставление информации.

Директива по обращению с отходами добывающих отраслей промышленности, принятая в 2006 г., направлена на предотвращение или минимизацию неблагоприятного воздействия на окружающую среду и здоровье человека как от повседневной деятельности добывающей промышленности, так и от аварий.

Директива применяется к отходам, полученным в результате добычи, переработки, хранения минеральных ресурсов и деятельности карьеров. Страны-члены должны обеспечить составление планов управления операторами очистных сооружений, которые подлежат пересмотру каждые пять лет. Целями планов управления должны быть следующие:

- Предотвращение или уменьшение производства отходов и негативного влияния от них;
- Стимулирование восстановления отходов путем переработки, вторичного использования или регенерации;

- Стимулирование краткосрочного и долгосрочного безопасного избавления от отходов.

План управления отходами как минимум должен включать следующее:

- описание отходов и их классификацию, описание веществ, используемых для обработки минеральных ресурсов, а также методов выброса и систем транспортировки;
- описание операций, в результате которой генерируются отходы;
- процедуры контроля и мониторинга;
- классификацию сооружений для хранения отходов;
- план по закрытию и последующие процедуры;
- меры по предотвращению загрязнения воды и почвы;
- исследование состояния земли, которая подвергнется влиянию сооружений для хранения отходов.

Директива по наземным полигонам запрещает выброс определенных видов отходов на наземных полигонах. Таким образом, она ограничивает варианты для сброса отходов на наземных полигонах. Самое важное состоит в том, что странам-членам необходимо разработать стратегию, целью которой станет уменьшение поступления биоразлагаемых отходов на наземные полигоны.

Статья 5(2) устанавливает следующие цели: количество биоразлагающегося городского мусора, направляемого на наземные свалки, должно быть уменьшено до определенной части от общего количества (по весу) мусора, произведенного в 1995 г. (или в любом более раннем году, по которому имеется стандартизированная информация Евростата):

- До 75% к 16 июля 2006 г.;
- До 50% к 16 июля 2009 г.;
- До 35% к 16 июля 2016 г.

Одной из главных целей и выгод от уменьшения сбросов биоразлагающегося мусора на наземных полигонах является сокращение эмиссии метана – важной причины парникового эффекта и гораздо более вредного для климата, чем CO₂. Более того, Директива по Наземным Полигонам запрещает складирование целой серии отходов на наземных полигонах (Статья 5(3)). Обработка должна сократить количество отходов или уменьшить их вредность для здоровья и окружающей среды. Директива устанавливает стандарты для наземных полигонов. Если эти требования не соблюдаются, полигон должен быть закрыт.

Директива определяет 3 категории полигонов, которые должны соответствовать различным требованиям:

- Наземные полигоны инертных отходов (Категория 0)

- Наземные полигоны для неопасных отходов (Категории I и II)
- Наземные полигоны для опасных отходов (Категория III и IV).

Кроме того, Директива содержит требования по лицензированию, техническому обслуживанию, закрытию и последующему обслуживанию полигонов. Как следствие Директивы, наземные полигоны, не отвечающие базовым требованиям (то есть отсутствие твердой основы, предотвращающей загрязнение грунтовых вод водами, просачивающимися со свалок), должны быть закрыты и по отношению к ним должны быть выполнены требования по последующему обслуживанию.

Директива по сжиганию отходов. Целью Директивы является предотвращение или максимальное ограничение негативного воздействия на окружающую среду, вызванного сжиганием мусора, особенно загрязнений за счет выбросов в атмосферу, почву, поверхностные и грунтовые воды. Директива устанавливает предельные допустимые величины выбросов для сооружений, сжигающих отходы. Документ гласит, что ни одно сооружение по сжиганию отходов не может осуществлять подобную деятельность без наличия на то специального разрешения. Заявление на получение такого должно содержать описание мер, которые должны гарантировать, что:

- сооружение разработано, оборудовано и будет действовать таким образом, чтобы были учтены требования данной Директивы, связанные с категориями отходов, подлежащих сжиганию;
- тепло, выделяемое при сжигании отходов, используется в максимально возможной степени, например, путем генерации технологического пара или отопления района;
- остатки процесса будут минимизированы, и по возможности использованы вторично;
- выброс остатков, который не может быть предотвращен, уменьшен или переработан, будет осуществляться в соответствии с национальным законодательством и законодательством Сообщества.

Директива перечисляет условия деятельности мусоросжигательного завода: мусоросжигательный завод должен работать в таком режиме, чтобы достигнуть уровня сжигания, при котором содержание шлаков и зольного остатка было бы меньше 3% от сухого веса материала. Более того, Директива определяет требования по процессу сжигания (минимальные температуры для опасных и неопасных отходов, обработка газов, и т. д.) и устанавливает предельно допустимые нормы выбросов газов и стоков вод для мусоросжигательных печей и заводов по совместному сжиганию отходов. Эти требования должны быть проверены на предмет соответствия Директиве по Интегрированному Контролю и Предотвращению Загрязнения, которая гласит, что для

осуществления эксплуатации мусоросжигательных печей и заводов по совместному сжиганию отходов необходимо выдавать разрешения на осуществление деятельности после анализа на предмет Наилучших Имеющихся Технологий (НИТ).

В 2015 г. Европейская комиссия приняла **программу «Замыкая круг: План действий ЕС по созданию круговой экономики»** (Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy). Центральная идея программы – «все, что возможно, должно подвергаться вторичной переработке»: «продукты, материалы и ресурсы должны оставаться внутри экономики как можно дольше, а образование отходов сведено к минимуму». В документах ЕС и комментариях экспертов круговая экономика будущего подается как революция, ведущая к новому технологическому укладу – к устойчивой, низкоуглеродной, ресурсно-эффективной и конкурентоспособной экономике. По существу, концепция представляет собой конкретизацию философии общественно-экономического развития, которая была обозначена на первой Конференции ООН по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро (1992): сегодня это один из наиболее важных приоритетов всего «европейского проекта».

В фокусе новых подходов сегодня – фундаментальные различия между традиционной линейной и круговой моделями экономики. Линейная экономика работала (работает) по следующей логике: «добыл – произвел – потребил – выбросил»; стоимости (блага) здесь создаются увеличением количества производимых продуктов; продукт служит до того момента, пока от него не отказываются и не отправляют в отходы. В противоположность этому в круговой экономике использование сырьевых материалов сокращается, поскольку продукты производятся из повторно используемых компонентов и материалов, а после отказа от продукта эти компоненты и материалы рециклируются. Стоимость не только и не столько создается, сколько сохраняется – «удерживается внутри». Лозунгами и принципами практической деятельности в этой системе становятся производство продукции все более длительного пользования («дизайн на перспективу»), поддержание в порядке, ремонт, повторное использование, повторное производство, обновление и рециклинг. Наглядно «круговой уклад» экономики представлен на рис. 2.2.

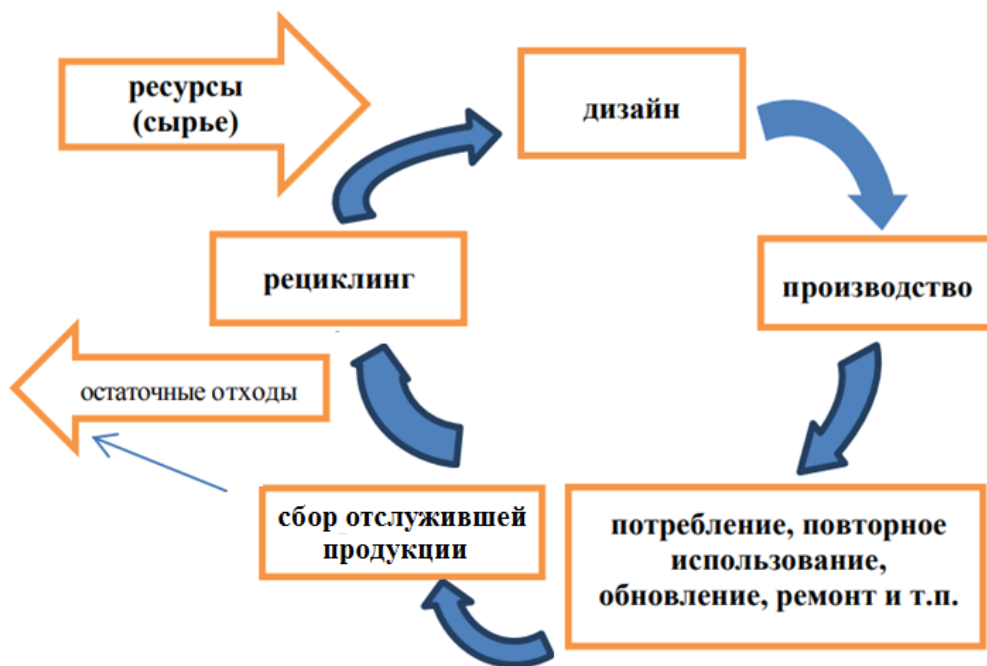


Рис. 2.2. Общая схема круговой экономики

Концепция круговой экономики сегодня разрабатывается как фундаментальный компонент «зеленой экономики». В теоретической плоскости при этом ставится вопрос о необходимости пересмотра целого ряда индикаторов экономического развития, принятых в традиционной линейной экономике, прежде всего концепта ВВП как показателя, который в действительности не отражает ни степени эффективности, с какой используются ресурсы, ни уровня благосостояния людей. Кроме того, сценарий дальнейшего экономического движения по принципу «дела как обычно» («business as usual») в сколько-нибудь отдаленной перспективе попросту мало реалистичен. В течение XX в. добыча сырьевых материалов увеличилась: в строительстве в 34 раза, руды и полезных ископаемых – в 27, нефти и угля – в 12 раз: так или иначе человечество движется ко все более острому дефициту невозобновляемых ресурсов. Факторами устойчивого развития в этой ситуации становится принцип использования меньшего количества ресурсов на единицу продукции и минимизации того воздействия, которое добыча любого ресурса оказывает на окружающую среду. Наконец, в моделях производства и потребления Европейский союз исходит из необходимости сократить глобальную эмиссию парниковых газов до нуля, что только и позволит человечеству остаться на уровне 2°С глобального потепления. Поскольку в развитых странах 55–60% эмиссии парниковых газов приходится на добычу полезных ископаемых, транспорт и переработку сырья, «замкнутость», сокращая расходы энергии как раз в этих секторах, ведет и к уменьшению парникового эффекта.

2.3. Законодательство в сфере управления ТБО на примере Австрии и Германии

В Европе работает комплексная система межнациональных, государственных и региональных инструментов управления и защиты окружающей среды при утилизации отходов. На основании Директив ЕС государства-члены разрабатывают собственные законодательные акты.

В Германии в 1996 году вступили в силу важные законодательные положения: Закон о содействии хозяйственному обороту и обеспечении безопасного для окружающей среды удаления отходов, Техническое руководство об отходах в населенных пунктах, Предписание о складировании отходов и Федеральный закон о выбросе загрязняющих веществ. В законе о содействии хозяйственному обороту и обеспечении безопасного для окружающей среды удаления отходов и законе об отходах зафиксированы следующие намерения Федерального правительства: данный закон направлен, прежде всего, на производство малоотходной, способной к длительному использованию, пригодной к ремонту продукции. Его дальнейшие цели:

- сокращение отходов путем изменения процессов производства, например, применение циклических способов производства и вторичное применение используемых материалов;

- по возможности высокоэффективное энергетическое использование отходов;
- экологически безопасное захоронение отходов.

В Австрии в 1990 году был издан Закон об управлении отходами. Его цели:

- сокращение вредного воздействия на человека, животных и растения – принцип всеобщего блага;

- бережное отношение к ресурсам (полезным ископаемым, воде, энергии, полигонам захоронения отходов);

- при хранении отходы не должны представлять опасность для будущих поколений – принцип рационального использования окружающей среды по обеспечению основ жизни настоящего и будущего поколений;

- сокращение выброса вредных веществ, загрязняющих воздух, и газов, оказывающих влияние на климат – защита от атмосферных воздействий;

- при утилизации, отходы или получаемые из них материалы не должны оказывать высокого уровня опасности по сравнению с первичным сырьем или продуктами из первичного исходного материала.

В Австрии на базе Закона об утилизации отходов был издан целый ряд предписаний. Данные предписания напрямую или косвенно влияют на количество и вид складироваемых отходов, а также их потенциальную эмиссию. Аналогичные, более или менее сопоставимые предписания были изданы в отдельных европейских странах.

2.4. Законодательство РУз по обращению с отходами

В Узбекистане учет отходов представлен статистическими данными, формируемыми на предприятиях во исполнение Закона о государственной статистике. В республике действует два вида государственной отчетности предприятий: форма № 3 — «Токсичные отходы» (форма № 3-ТО), действует с 1993 г. и формы по вторичным материальным ресурсам — «Потеря сырья в процессе производства и отходы». Отчеты составляются в соответствии с инструкциями, утвержденными постановлениями Минмакроэкономстата Узбекистана. Учет и отчетность по ТБО ведутся в основном расчетным путем.

В странах Центральноазиатского региона нет единой системы стандартизации, учета образования, использования отходов и разработанных методик статистической обработки информации по ним.

Государственное регулирование трансграничных вопросов управления опасными отходами в республиках Средней Азии осуществляется в соответствии с Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (22 марта 1989 г.), которая ратифицирована всеми странами региона, кроме Таджикистана.

В Узбекистане государственное регулирование трансграничных вопросов по управлению отходами осуществляется Кабинетом Министров республики. В Среднеазиатском регионе сформирована прочная законодательная база в регулировании трансграничных вопросов по управлению отходами, но слабо отработаны нормативно-правовые механизмы.

Основные принципы экологической политики Узбекистана в области обращения с отходами также определены в Национальном плане действий по охране окружающей среды (1998 г.), Национальной стратегии развития, утвержденной 30 октября 1999 г. (протокол № 2) Национальной комиссией по устойчивому развитию. Эти документы определяют стратегию новой государственной политики в соответствии с рекомендациями Конференции ООН по окружающей среде, проведенной в Рио-де-Жанейро.

В соответствии с вышеупомянутыми документами, экологическая политика государства в области обращения с отходами предусматривает два направления действий:

— решение текущих социально-экономических задач, связанных с неизбежным образованием отходов производства и потребления, и осуществление адекватных мер по защите окружающей среды от загрязнения этими отходами;

— реализация закрепленного в Законе Узбекистана об охране природы права граждан «на проживание в благоприятной для их здоровья и здоровья будущих поколений природной среде, охрану здоровья от неблагоприятных воздействий окружающей среды».

В Узбекистане, учитывая всю важность решения задач, связанных с деятельностью по управлению отходами, в 2002 г. на 8-й сессии Олий Мажлиса принят Закон об отходах, устанавливающий правовые, организационные и экономические основы регламентации отношений в области управления отходами. Учитывая все происходящие в данной сфере изменения, в Закон регулярно вносятся поправки (последние поправки в который были внесены в 2018 году).

За годы независимости был принят ряд Постановлений Кабинета Министров РУз и основанных на них Положений, касающихся порядка сбора, транспортировки и захоронения различных видов отходов. Кроме того, разработаны следующие СанПиНы:

- Санитарные правила и нормы организации сбора, инвентаризации, классификации, обезвреживания, хранения и утилизации промышленных отходов в условиях Узбекистана (СанПиН РУз № 0300-11);

- Санитарные правила и нормы очистки территорий населенных мест от твердых бытовых отходов в условиях Республики Узбекистан (СанПиН РУз № 0297-11);

- Санитарные правила и нормы сбора, транспортировки и захоронения асбестосодержащих отходов в условиях Узбекистана (СанПиН РУз № 0158-04)

и ряд других.

В 2019 году Постановлением Президента РУз за № ПП-4291 была утверждена Стратегия по обращению с твердыми бытовыми отходами в Республике Узбекистан на период 2019-2028 гг. Стратегия основывается на Конституции Республики Узбекистан, законах Республики Узбекистан "Об охране природы" и "Об отходах", а также Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 гг.

Стратегия направлена на планирование, определение целей и задач, способов их эффективного достижения, приоритетных направлений, а также этапов реализации государственной политики в сфере формирования и развития на долгосрочную перспективу устойчивой системы в области обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО).

Формирование данной системы предполагает поэтапное развитие с переходом от устаревших методов, используемых в области обращения с ТБО, к современным передовым, существующим на сегодняшний день в мировой практике.

Целями Стратегии являются:

- содействие установлению новых подходов в сфере обращения с ТБО,
- создание эффективного, надежного и социально приемлемого комплекса услуг по сбору, транспортировке, утилизации, переработке и захоронению ТБО,
- минимизация вредного воздействия ТБО на здоровье граждан и окружающую среду,
- предотвращение образования ТБО путем максимально возможного извлечения полезных компонентов, содержащихся в ТБО (вовлечение их в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья, материалов, полуфабрикатов для производства продукции с внедрением современных технологий),
- обеспечение безопасного захоронения ТБО.

Для достижения целей Стратегии основными ее задачами являются:

- совершенствование законодательной базы в области обращения с ТБО;
- совершенствование сферы санитарной очистки;
- совершенствование сферы утилизации и переработки ТБО;
- внедрение методов сбора и переработки потоков специфических ТБО (ртутьсодержащие отходы, автошины, аккумуляторы, отработанные масла, отходы упаковок и т.д.) посредством внедрения экономических механизмов в данной области;
- совершенствование системы ценообразования в области обращения с ТБО;
- создание условий для привлечения инвестиций в сферу обращения с ТБО;
- повышение ресурсного потенциала ТБО;
- развитие системы экологического образования и воспитания в вопросах обращения с ТБО;
- развитие кадрового потенциала в области обращения с ТБО.

Основными принципами Стратегии являются:

- соблюдение требований законодательства в области охраны окружающей среды на всех этапах реализации Стратегии;
- обращение с ТБО, обеспечивающее осуществление контроля за всеми производимыми с ТБО операциями в целях снижения негативного воздействия ТБО на окружающую среду;
- внедрение принципа "загрязнитель платит", определяющего необходимость создания соответствующей правовой и экономической основы, предусматривающей компенсацию затрат по обращению с отходами самими производителями отходов;

- открытость и прозрачность процесса осуществления деятельности по оказанию услуг в области обращения с ТБО на конкурсной основе.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте этапы развития экологической политики стран Европы.
2. Как в настоящее время выглядит система законодательства по управлению отходами в Европе?
3. Объясните содержание Рамочной Директивы по Отходам.
4. Как развивается система нормативных актов по управлению отходами в Узбекистане?
5. Охарактеризуйте содержание Стратегии по обращению с твердыми бытовыми отходами в Республике Узбекистан на период 2019-2028 гг.

ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

3.1. Для чего требуется управление отходами

Сегодня над проблемой повышения эффективности управления твердыми отходами (ТО) во всем мире трудится множество высококлассных специалистов, ведь процент населения, не имеющего доступа к качественным санитарным услугам, продолжает оставаться высоким (рис. 3.1). Исследовательские центры, действующие во всех частях света, демонстрируют разнообразие технологий и подходов к решению общей проблемы. При этом специфика региона оказывает значительное влияние на эффективность реализуемых проектов, представляется, что даже разрабатываемая специалистами ЮНЕП⁸ и Всемирного банка методология управления отходами имеет широкое поле вариаций.

⁸ ЮНЕП - программа ООН по окружающей среде

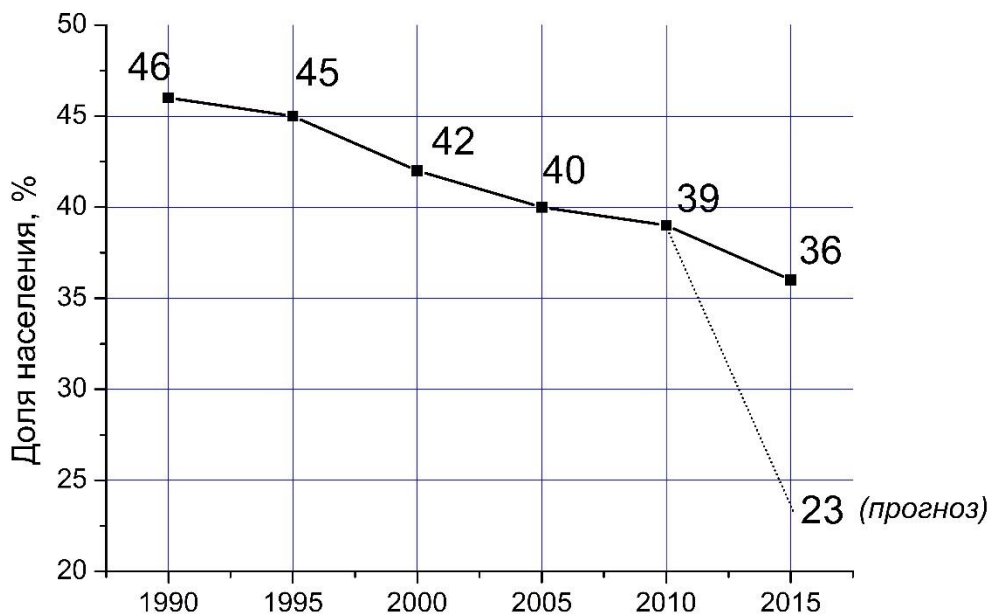


Рис. 3.1 Население, не имеющее доступа к качественным санитарным услугам (%)

Для решения проблем накопления отходов используется комплекс различных мер, называемых общим термином «управление отходами». Рассмотрим различные подходы к управлению отходами.

3.2. Организационное управление обращением с отходами

Взаимоотношения человека с отходами принято определять как обращение с отходами. В зарубежной научно-технической литературе принят иной термин – Waste management («Управление отходами»). В законе РУз «Об отходах» определено, что «Обращение с отходами - деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов».

Общие вопросы обращения с отходами регулируются нормами Закона «Об охране природы». Вопросы обращения с отходами также содержатся в Гражданском кодексе, Земельном кодексе, Градостроительном кодексе.

Основными принципами государственной политики в области обращения с отходами являются:

- охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей природной среды и сохранение биологического разнообразия;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;
- использование новейших научно-технических достижений в целях реализации малоотходных и безотходных технологий;

- комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;
- использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;
- доступ в соответствии с законодательством к информации в области обращения с отходами;
- участие в международном сотрудничестве в области обращения с отходами.

Первые два принципа являются главными в том смысле, что декларируют собственно цель государственной политики как в области обращения с отходами, так и в области охраны окружающей среды и природопользования в целом, а также свидетельствуют о признании нашей страной международных принципов, отраженных в ряде конвенций - Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, принятой в 1989 г., Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов, принятой в 1975 г. и др. - и обобщенных в основных принципах Концепции устойчивого развития, принятой в 1992 г. в Рио-де-Жанейро представителями 179 стран, в т.ч. РУз.

К сожалению, непосредственно в Законе «Об охране природы» не содержится реальных механизмов реализации этих принципов, структур, ответственных за эту реализацию, источников ресурсного обеспечения реализации.

В последние годы все больше сторонников находит концепция Комплексного управления отходами (КУО). Данный подход к решению проблемы отходов опирается на следующие базовые положения: не существует и не может существовать какой-либо одной технологии, способной без вреда для человека и окружающей его природной среды переработать весь поток образующихся отходов. Даже применение комплексных технологических вариантов способно решить проблему отходов только при условии совместного использования соответствующих экономических и социальных инструментов.

Помимо базовых принципов в концепции КУО учитывается ряд более конкретных положений, из которых следует упомянуть о пяти.

1. К различным компонентам отходов должны применяться различные технологические и организационные подходы.

2. При осуществлении комплексного управления потоками отходов и использовании комбинированных способов их технологической переработки должны преследоваться следующие цели:

- сокращение количества производимых отходов;

– их максимально возможная промышленная переработка в качестве вторичного сырья;

– сжигание тех фракций, которые не могут быть утилизированы иным способом, но могут гореть, не загрязняя природную среду;

– захоронение на полигонах лишь того, что нельзя использовать.

3. Местные проблемы, связанные с отходами, должны решаться на местном уровне посредством разработки и осуществления небольших локальных программ.

4. Государственный и общественный подход к переработке отходов должен базироваться на стратегическом (долговременном) прогнозе изменений количества отходов и технологий их утилизации.

5. Необходимым элементом любой программы по решению проблемы отходов является участие в ее реализации властей местного уровня и всех, кто производит отходы (в т.ч. — и населения).

В настоящее время в Республике Узбекистан управление в области обращения с отходами ведут многие организации, основными из которых являются: Госкомприроды, Министерство здравоохранения, ГИ «Саноатгеоконтехназорат», Агентство «Узкоммунхизмат». В своих действиях эти организации руководствуются положениями законов Республики Узбекистан «Об охране природы», «Об отходах», а также требованиями Базельской Конвенции «О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением». Деятельность по обращению с опасными отходами подлежит лицензированию. Обязательным условием лицензирования деятельности по обращению с опасными отходами является соблюдение требований охраны здоровья человека и охраны окружающей природной среды.

Госкомприроды Республики Узбекистан осуществляет государственный кадастр мест захоронения и утилизации отходов в соответствии с Законами Республики Узбекистан "Об отходах", "О государственных кадастрах", Постановлениями Кабинета Министров Республики Узбекистан № 66 от 16.02.2005 г. «Положение о порядке создания и ведения Единой системы государственных кадастров» и № 250 от 15.11.2005 г. «Положение о порядке ведения государственного кадастра мест захоронения и утилизации отходов», а также другими нормативно-правовыми актами.

3.3. Направления реорганизации системы государственного управления отходами

В процессе реформирования экономики РУз начиная с 1991 года все созданные в 1970—80-х годах инструменты государственной политики в области управления

вторичными материальными ресурсами (ВМР) были упразднены. Разработанные к настоящему времени новые методы государственного регулирования в области обращения с отходами несовершенны и в принципе не могут обеспечить существенных сдвигов в деле использования отходов как ВМР.

Следует помнить, что многие инструменты государственной политики в области управления вторичными материальными ресурсами, практиковавшиеся в СССР, не утратили своей актуальности и по сей день. В частности, прекрасные результаты достигались путем программно-целевого планирования и нормирования уровня сбора и переработки важнейших видов вторичного сырья с помощью государственных общесоюзных, республиканских, а также отраслевых программ по вторичным материальным ресурсам. Была создана довольно мощная специальная производственная инфраструктура для сбора и промышленной переработки отходов. Для информационного обеспечения государственного управления велась подробная и строго формализованная статистическая отчетность как общая, так и по различным категориям отходов.

Аналогичные формы управления сегодня используются или планируются к использованию в развитых странах мира. Речь прежде всего идет о странах ЕС, где некоторые из этих инструментов стали применяться на практике уже в 1990-х — 2000-х годах не только на государственном, но и на межгосударственном уровне в качестве основополагающих для обеспечения охраны окружающей среды и устойчивого развития.

Все развитые страны мира пришли к заключению о необходимости усиления государственного регулирования в области сбора и переработки отходов и о том, что ответственность за управление отходами должна быть сконцентрирована на национальном уровне. В структуре государственного аппарата стран ЕС имеются специально уполномоченные для этого органы. В РУз же вопросы организации сбора и переработки отходов долгое время оставались фактически бесхозными, поскольку не входили в перечень полномочий ни одного из государственных ведомств. Органы местного самоуправления, на которые в законодательном порядке возложена вся ответственность за организацию сбора и переработки отходов, не в состоянии решить эту задачу в отношении «нерентабельных» отходов, пока не будет реформирована система государственного регулирования в этой области.

Анализируя зарубежный опыт, можно сформулировать направления совершенствования системы управления отходами:

1. Для стимулирования процессов сбора и переработки отходов представляется целесообразным законодательно закрепить хозяйственное использование отходов в

качестве вторичных материальных ресурсов как объект государственного регулирования, наделив при этом одно из министерств или ведомств полномочиями по осуществлению государственной политики в этой области.

2. Разработать систему ответственности за организацию сбора и переработки отходов и возложить ее на хозяйствующие субъекты, являющиеся собственниками отходов производства, физических лиц, являющихся собственниками образующихся у них бытовых отходов, органы муниципального управления, являющихся субъектами хозяйственной деятельности, организующими сбор, вывоз, переработку и захоронение отходов.

3. Создать нормативно-правовые условия для более эффективного использования природоохранных механизмов и инструментов государственного регулирования — разрешительной системы размещения отходов с установлением лимитов, платежей за размещение отходов, лицензирования, государственной экологической экспертизы. Например, введение ограничений на захоронение общераспространенных вторичных материальных ресурсов, экономического поощрения сбора и переработки отходов, стимулирования технического перевооружения производственной базы.

4. Создать особые нормативно-правовые условия для применения традиционных методов государственного регулирования предпринимательской деятельности в данной сфере. Например, ввести льготы по налогу на прибыль, инвестируемую в создание производств по переработке отходов или в техническое перевооружение в этой области; льготы по налогу на землю производственно-заготовительных предприятий и пунктов сбора наиболее распространенных видов вторичного сырья; снижение нормы амортизации для оборудования по сбору и переработке ТБО, отходов полимерной тары и упаковки, алюминиевых банок, стеклобоя, изношенных автомобильных шин, ртутьсодержащих ламп и гальванических элементов; льготы по арендной плате за производственные помещения для предприятий, осуществляющих сбор и переработку вторичного сырья; льготы по тарифам на железнодорожные перевозки меготоннажных видов отходов, предназначенных для использования в качестве вторичного сырья.

5. Внедрить современные информационные технологии в систему управления отходами для повышения оперативности и обоснованности решений, принимаемых в данной области. Система информационно-аналитического обеспечения процессов обращения с отходами производства и потребления должна предусматривать решение следующих задач:

- оперативный контроль мест несанкционированного размещения отходов производства и потребления на территории среднего города;

- производство расчетов площади и объемов несанкционированно размещенных отходов;
- выявление и наказание нарушителя;
- учет мест образования и номенклатуры отходов производства и потребления на предприятиях города;
- информационное обеспечение разработки проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение;
- планирование хода проведения государственного экологического контроля;
- ведение документооборота по учету образования отходов производства и потребления на территории среднего города.

Теория управления отходами – это единая совокупность знаний об отходах и обращении с отходами. Теория управления отходами должна быть построена в рамках парадигмы⁹ промышленной экологии, поскольку промышленная экология в равной степени адаптируется для включения целей и ценностей минимизации отходов и / или оптимизации использования ресурсов.

Теория управления отходами содержит анализ отходов, деятельности по отходам и представление о целях управления отходами. Правильное определение отходов имеет решающее значение для построения устойчивой программы управления отходами. Она основана на ожидании, что управление отходами должно предотвращать отходы, наносящие вред здоровью человека и окружающей среде, а также будет содействовать оптимизации использования ресурсов.

Действующее законодательство относится к уже существующим отходам, поэтому имеющиеся определения могут вступать в противоречие с целями предотвращения отходов, поскольку нельзя предотвратить возникновение чего-либо уже существующего. Когда материалу присвоен ярлык «отходы», он будет рассматриваться как таковой; следовательно, несмотря на явное желание предотвращения отходов, косвенно, законодательство по существу позволяет накапливать отходы.

Философское значение таких определений заключается в том, что они не способны обеспечить устойчивую систему управления отходами. Поэтому необходимо искать такие определения для отходов и обращения с ними, которые могут объяснить, почему создаются отходы, и могут предложить внутреннее решение проблемы. Рассмотрим принципиально новый подход к проблеме, основанный на объектно-

⁹ ПАРАДИГМА (греч. *paradeigma* — пример, образец) — 1) ключевая идея, лежащая в основе построения концепции; 2) исходная позиция (понятие, модель) в постановке проблем, их объяснении и решении

ориентированном языке моделирования, для определения ключевых концепций управления отходами.

Построение теории управления отходами (WMT) - это попытка научного управления отходами. WMT является концептуальным описанием управления отходами, содержит определения всех связанных с отходами концепций и предлагает методологию управления отходами. Это попытка организовать разнообразные переменные, входящие в систему управления отходами в ее нынешнем виде.

WMT основана на гипотезе о том, что устойчивое управление отходами в значительной степени зависит от того, как определяются отходы.

В настоящее время не существует детально разработанной и проверенной теории управления отходами. Существующие модели громоздки и сложны для применения на практике. В настоящем разделе представлен новый подход к проблеме моделирования процессов, связанных с отходами.

Ключом к устойчивому управлению отходами является минимизация отходов, в частности, сокращение отходов в источнике.

Определения отходов в направлении устойчивости

Существует четыре класса отходов:

Класс 1. Нежелательные вещи, созданные не по назначению, без цели.

Класс 2. Вещи с конечной целью, предназначенные стать бесполезными после ее выполнения.

Класс 3. Вещи с неприемлемыми характеристиками из-за недостатка в структуре или состоянии.

Класс 4. Вещи с приемлемой производительностью, но их пользователи не могут использовать их по назначению.

Эта классификация однозначно классифицирует каждый вид отходов. В определениях также указывается неправомерное действие и требуемые шаги для его исправления. Когда мы описываем отходы класса 1 (например, выбросы отходов) как «вещь, которой производитель не назначил цель», мы указываем ошибку со стороны производителя. Когда отходы класса 2 (например, упаковка) выполнили свою задачу, мы имеем возможность назначения новой цели (например, заполнение новым содержимым).

Если отходы класса 3 не соответствуют своей первоначальной цели из-за необратимого повреждения в структуре (сломанное оборудование), можно выбрать в качестве альтернативы восстановление. Наконец, описание отходов класса 4 как «объекта, который владелец не смог использовать по своему прямому назначению» (оставшаяся пища выбрасывается) подчеркивает тот факт, что это было неправомерное

действие владельца, создавшее отходы. Решением является повышение осведомленности, чтобы избежать потерь, продажа или пожертвование ненужной вещи (старой одежды).

Многие объекты можно считать или не считать отходами, в зависимости от точки зрения. Определение отходов как «вещи, не имеющей цели», учитывает возможность превращения отходов в неотходы и подчеркивает, что «отходы» являются временным недостатком, который необходимо исправить.

Подведем итоги:

- Повторное использование обычно относится к отходам класса 2. Примером может служить стеклянная бутылка, целью которой является доставка напитка. Как только напиток выпит, бутылка выполнила свое предназначение. Тем не менее, она может снова выполнить ту же цель: содержать и доставлять любую жидкость. Таким образом, многоразовая стеклянная бутылка не является отходом, если она возвращается для повторного заполнения. Повторное использование также зависит от состояния бутылки.

- Состояние – это мера функциональности, поскольку состояние определяет способность материала выполнять работу. Например, состояние указывает на положение объекта в его жизненном цикле: чем старше материал и, следовательно, ближе к концу срока его полезного использования, тем меньше вероятность того, что он сможет выполнить свое назначение.

- Транспортные средства с истекшим сроком эксплуатации – это, как правило, отходы класса 3. Это сложные объекты, состоящие из нескольких конструктивных элементов. Потеря работоспособности может быть связана с неспособностью одной или нескольких конструктивных частей выполнить свое назначение. Ремонт, если это применимо, то есть замена неисправных элементов конструкции, может продлить срок службы неисправных автомобилей.

Пространство и время влияют на эту возможность; запасные части могут быть недоступны в стране проживания, или запасные части больше не доступны в момент необходимости, потому что их производство было прекращено.

Было предложено определить управление отходами как контроль за деятельностью, связанной с отходами, с конечной целью сохранения ресурсов и защиты здоровья людей и окружающей среды.

Чтобы иметь возможность разработать наиболее подходящую систему управления отходами, необходимо установить надлежащие теоретические основы. WMT нужно будет построить так, чтобы она охватывала следующие понятия:

- Управление отходами заключается в предотвращении образования отходов, наносящих вред здоровью человека и окружающей среде.
- Основной целью управления отходами является сохранение ресурсов.
- Предотвращение образования отходов, за счет создания прежде всего полезных объектов.
- Управление отходами заключается в том, чтобы превратить отходы в «неотходы».

Далее рассмотрим, каким именно теоретическим и практическим содержанием наполнены вышеуказанные концепты. Сделать это тем более необходимо, что опыт Узбекистана по обращению с отходами на сегодняшний день не совпадает с западноевропейским опытом управления отходами: различия, как видим, начинаются уже на уровне базовой и исходной терминологии; понятно, что «обращение с отходами» в конечном счете ориентировано на «свалку», в то время как «управление» ими предполагает множественность возможных видов деятельности. В отечественной литературе нет определенности и по целому ряду других понятий: так, подчас совершенно произвольно толкуются «повторное использование» и «рециклинг». Без полной терминологической ясности относительно всех сторон проблемы сближение РУз с политикой Европейского союза и других развитых стран по отходам. На рис. 3.1 показана иерархия управления отходами в ЕС (коротко рассматривалась в п. 2.2).

Предотвращение. В литературе предотвращение образования отходов (далее «предотвращение») понимается как необходимость разработки материалов, товаров и услуг таким образом, чтобы при их производстве, использовании, повторном использовании и рециклинге, а также при удалении по завершении срока их службы образовывалось как можно меньше отходов. Директива 2008/98/ЕС определяет, что «предотвращение означает меры, которые предприняты до того, как вещество, материал или продукт становятся отходами, и которые наперед сокращают: а) количество отходов, включая повторное использование продуктов или увеличение их жизненного цикла; б) негативное воздействие произведенных отходов на окружающую среду и человеческое здоровье; в) содержание опасных субстанций в материалах и продуктах».



Рис. 3.1. Иерархия управления отходами в ЕС

Практически речь идет об использовании меньшего количества материалов при разработке и изготовлении продукта, более длительных сроках его эксплуатации и уменьшении содержания в нем вредных компонентов. Государствам – членам ЕС Директивой 2008/98/ЕС было предписано не позднее декабря 2013 г. разработать собственные программы «предотвращения»; при этом, как обычно, допускалась та или иная свобода действий в том, что касалось содержания и способов имплементации¹⁰ таких программ.

По всему миру местные правительства и экологические агентства сделали предотвращение отходов своим приоритетом. В обиход вошли принципы «минимизировать», «вновь использовать» и «рециклировать» (так называемые три R – reduce, reuse и recycle).

На конец 2014 г. в странах ЕС было принято 36 национальных и региональных программ по «предотвращению» – различных по содержанию, целям и временным горизонтам. Программы ориентированы на домохозяйства, муниципалитеты, сельское хозяйство и добывающий сектор; большинство из них имеют дело с такими видами отходов, как органика (пищевые отходы), электрические и электронные компоненты, батарейки, упаковки, опасные отходы. В отношении национальных программ «предотвращения» ЕС осуществляет мониторинг с последующей популяризацией «наилучших практик».

Повторное использование. Следующий уровень иерархии управления отходами в ЕС – их повторное использование. Для полной терминологической ясности здесь нужно подчеркнуть, что повторное использование (англ. reuse) по определению, данному в Директиве 2008/98/ЕС, означает «любую операцию, посредством которой продукты или компоненты, не ставшие отходами, вновь используются для той же самой цели, для которой они были изначально произведены». (Классический пример в этом

¹⁰ Имплементация – это практическая реализация внутри государства международно-правовых норм в целях исполнения взятых на себя обязательств

отношении – стеклотара.) Понятно, что сфера действия данного принципа, в сущности, невелика, и сам он скорее служит пропаганде бережливости и рачительности в обществе, чем решает сколько-нибудь серьезные экономические задачи. На практике повторное использование охватывает такие виды отходов, как запчасти автомобилей, мебель, холодильники, телеприемники, компьютеры, одежда, кухонная утварь и кухонные электроприборы, другие предметы быта, строительные материалы, садовый инвентарь, вышедшие из моды украшения, книги и т.п. Для сбора всего этого создаются специальные центры, где осуществляется обновление (ремонт) и продажа всего вышеперечисленного по принципу second hand'a.

Рециклирование в Директиве 2008/98/ЕС определяется как любая операция, при которой материал отходов перерабатывается в продукты, материалы или субстанции независимо от того, служит ли полученный в результате продукт своим изначальным или каким-либо иным целям. Специфический вид рециклирования – переработка органических отходов для компостирования. Не относится к этому уровню иерархии использование отходов для энергетических целей.

Рециклирование сегодня является ключевым элементом управления отходами. Считается, что ему поддается до 80% твердых бытовых отходов, а также отходы строительства и сноса сооружений. Директивой 2008/98/ЕС предписано довести к 2020 г. уровень рециклирования отходов в Европейском союзе («по крайней мере бумаги, металлов, пластика и стекла, собираемых от домохозяйств»), как минимум, до 50% от общего объема учитываемых отходов; в отдельных странах этот показатель превышен уже сегодня.

В теоретических исследованиях все больше внимания уделяется «экономике рециклирования». Два момента в этом плане особо значимы: рециклирование а) превращает отходы в ресурс и б) предотвращает издержки, которые общество понесло бы при их полигонном захоронении. Кроме того, при этом виде обработки отходов создаются дополнительные рабочие места: установлено, что вывоз 10 т отходов на свалку создает 6 рабочих мест, а рециклирование тех же 10 тонн – 36.

В связи с бурным развитием сельского хозяйства и способов производства альтернативных видов топлива все более важное значение в практике рециклирования приобретает переработка так называемых биоразлагаемых отходов. Эти отходы встречаются под следующими названиями: 1) пищевые отходы; 2) органические отходы («любые отходы растительного или животного происхождения»); 3) собственно биоразлагаемые отходы («любые отходы, разлагаемые анаэробным или аэробным путем, такие как пищевые или садовые отходы, а также бумага и картон»); 4) биоотходы

(«биоразлагаемая зеленая масса садов и парков, пищевые и кухонные отходы из домохозяйств, ресторанов, кафе и пищевых предприятий»).

В ЕС еще в конце 1990-х годов был взят курс на радикальное сокращение биоразлагаемых отходов. Идеальным способом переработки органических кухонных, садовых и сельскохозяйственных отходов является компостирование. Сегодня теория компостирования стала хорошо разработанной областью науки, на практике же применяются самые разные системы – от технологий промышленного компостирования до домашних (садовых) компостеров. Европейская сеть компостирования (European Compost Network), насчитывает 72 ассоциированных члена из 27 стран ЕС и обслуживает свыше 3000 предприятий. Широко пропагандируются «наилучшие практики», к которым относится, например, домашнее компостирование (Италия, Великобритания).

Следующий уровень «иерархии управления отходами», определенный директивой 2008/98/ЕС, – **«иные способы использования»**. Чаще всего здесь рассматриваются вопросы переработки отходов в энергетических целях – для производства электричества и / или тепла: в документах ЕС и научной литературе все это охватывается термином «отходы в энергию» (waste-to-energy). Физической основой технологий, применяемых в данной области, является инсинерация – сжигание отходов в специальных установках. В современных инсинераторах достигается 95%-ный уровень сжигания, что в громадной степени разгружает другое направление управления отходами – их полигонное захоронение. При этом несгоревший остаток уже не содержит гниющих органических веществ, с которыми связаны опасности эпидемий и самопроизвольного возгорания. В ряде стран ЕС – Германии, Бельгии, Швеции, Голландии, Австрии и Дании – процент отходов, направляемых на свалки, сегодня находится в пределах 1–2%; при этом 35–50% отходов тем или иным образом сжигается и 50–60% – рециклируется и компостируется; во всех этих странах полигонное захоронение отходов без предварительной обработки законодательно запрещено.

На 2015 г. в целом по ЕС доля биомассы в производстве тепловой энергии достигла 9%, но у Швеции этот показатель составлял 35,5%, у Финляндии – 28,6, Литвы – 27 и Латвии – 24,8%.

В конечном энергопотреблении у наиболее развитых странах Европы доля биогаза колеблется вокруг 10–15%; в Швеции эта цифра составляет 33%. (Для сравнения: доля ядерной энергии в Европе сегодня снизилась до 2,5%.) На перспективу предполагается, что биомасса будет обеспечивать в Западной Европе до двух третей возобновляемой энергии. Все шире биогаз используется как топливо для транспорта.

Самый нижний уровень европейской «иерархии управления отходами» – их **полигонное захоронение**; в документах ЕС оно определяется как «наименее желательная опция», которую необходимо свести к возможному минимуму. Базовым законодательным документом в этой области является Директива Совета Европейского союза по полигонам захоронения отходов, принятая еще в 1999 г. (Directive 1999/31/EC on the landfill of waste). Общей целью директивы было «предъявление строгих эксплуатационных и технических требований к отходам и полигонам захоронения», чтобы минимизировать «отрицательные воздействия на окружающую среду, в особенности на поверхностные и подземные воды, почву и воздух, в том числе и на глобальном уровне, включая парниковый эффект, а также любой риск человеческому здоровью в результате действий по захоронению отходов». Для обеспечения всего этого директивой было безусловно запрещено размещать на полигонах отходы следующих типов: 1) жидких; 2) воспламеняющихся; 3) взрывоопасных или окисляющихся; 4) медицинских (поскольку существует опасность заражения); 5) использованных автомобильных покрышек; 6) некоторых других видов.

3.4. Информационные системы и программных продуктов, используемых для управления отходами

Использование современных программных продуктов и информационных технологий — одно из перспективных направлений, активно развивающихся в последнее время в связи с необходимостью оптимизации процессов управления природоохранной деятельностью на основе автоматизации отдельных функций и задач.

При разработке информационно-управляющих систем для конкретного заказчика программные комплексы проектируются и организуются в соответствии с особенностями системы управления заказчика в области охраны окружающей среды на основе данных, собранных и систематизированных на стадии обследования объекта автоматизации.

При анализе программных продуктов, используемых в природоохранной деятельности и ориентированных на конечного пользователя, можно выделить следующие их группы:

- программные комплексы, предназначенные для сбора, хранения и автоматизированной обработки результатов производственного экологического мониторинга, контроля и анализа результатов с использованием графических и табличных представлений;

- системы автоматизированной обработки лабораторных данных, предназначенные для регистрации и учета проб и измерений, результатов химического анализа, формирования отчетных документов;

- программные комплексы «АРМ-Эколога» – решение комплекса задач по сбору, обработке, автоматизированному анализу и представлению мониторинговой информации о состоянии ОС в режиме реального времени. АРМ-Эколога интегрирует и обрабатывает информацию, поступающую от Автоматизированных систем управления технологическим процессом предприятия, передвижных экологических лабораторий, химических аналитических лабораторий, постов контроля загазованности, систем мониторинга качества воды, систем контроля промышленных выбросов, внешних (по отношению к АРМ-Эколога) информационных систем;

- программные комплексы по управлению отходами, обеспечивающие учет и контроль движения отходов, анализ соответствия Проекту нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР), регистрацию образования/размещения отходов (первичная отчетность);

- программные комплексы для автоматизированного формирования государственной статистической отчетности, а также корпоративной отчетности в области ООС;

- программные комплексы для автоматизированного расчета платы за негативное воздействие на ОС;

- программные комплексы, предназначенные для визуализации пространственных экологических данных, моделирования процессов воздействия на ОС;

- программные комплексы, предназначенные для маршрутизации экологической документации и осуществления функций поиска и просмотра документов.

К наиболее конкурентоспособным и популярным программным средствам, используемым в области, обращения с отходами относятся следующие:

- **Программный комплекс "Stalker" 4.12 (НПП «Логус»).** Предназначен для разработки и экспертизы проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР), в том числе по упрощенной форме, а также для объектов размещения отходов
- **Программа "Определение класса опасности отходов. Справочник отходов" (НПП «Логус»).** Программа обеспечивает:
 - 1) расчет класса опасности отходов

2) определение класса опасности, агрегатного состояния и опасных свойств отхода на основании кода соответствующего вида отхода по классификационному каталогу отходов

3) формирование во время расчета класса опасности отходов краткого протокола расчета класса опасности;

4) формирование расширенного протокола расчета класса опасности отхода, содержащего по каждому из компонентов значения коэффициентов степени опасности и первичных показателей опасности со ссылками на литературные источники;

5) формирование для любого отхода бланков "Паспорт опасного отхода", "Исходные сведения об отходе" и "Свидетельство о классе опасности отхода для ОПС"

б) ведение справочников и классификаторов отходов

• **Программа «Расчет токсичности» (фирма «Интеграл»)**. Программа позволяет определять класс опасности токсичных отходов производства и потребления в соответствии с санитарными правилами и нормами.

• **Программный комплекс «Эра-отходы» (НПП «Логос плюс»)**. Обеспечивает инвентаризацию и паспортизацию отходов предприятия; расчет объемов образования отходов по различным методикам; федеральный классификационный каталог отходов; выпуск комплекта документации проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте проблемы управления отходами.
2. Что такое теория управления отходами и на чем она базируется?
3. В чем заключается концепция комплексного управления отходами?
4. Что представляет собой концепция Zero-Waste?
5. Что Вы знаете о информационно-управляющих системах в области управления отходами?

ГЛАВА 4. ОБРАЩЕНИЕ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

4.1. Накопление ТБО

Твердые бытовые отходы (ТБО) образуются при разнообразной деятельности людей:

- в условиях жилья;

– в учреждениях и подразделениях различного профиля (административно-управленческого, образовательного, медицинского, культурно-просветительного, спортивного и т. д.);

– в пунктах общественного питания;

– на улицах;

– в общественном транспорте;

– в местах отдыха и т. д.

Весьма значительные и возрастающие год от года массы образующихся ТБО обостряют санитарно-эпидемиологическую обстановку населенных пунктов. Для минимизации и предотвращения этих негативных явлений осуществляют изоляцию (депонирование¹¹, захоронение), обезвреживание и ликвидацию ТБО. С этими целями производят сбор, транспортировку ТБО к местам захоронения и переработки, сортировку, а также являющуюся наиболее перспективной заводскую переработку отходов различными термическими приемами и путем компостирования. Все эти мероприятия государство финансирует в настоящее время в той или иной степени через органы городского хозяйства и управления.

Несмотря на все предпринимаемые усилия, основные массы ТБО в мировой практике сегодня вывозят на полигоны (свалки). Например, в США около 32,5 % мусора перерабатываются или компостируются, 12,5 % сжигаются, а оставшиеся 55 % захороняются на свалках. В странах СНГ захоронению подвергают около 99 % ТБО. Промышленная переработка ТБО, удовлетворяющая критериям экономики, экологии и ресурсосбережения в наибольшей степени реализована в государствах с небольшой территорией, малыми природными ресурсами и высокой плотностью населения (Япония, Швейцария). В Японии, например, только 1% отходов муниципальных отходов попадает на свалку, большая же часть сжигается.

Использование, обезвреживание и размещение ТБО в большинстве регионов РУз до последнего времени остается неудовлетворительным из-за нерешенности вопросов сооружения полигонов и строительства перерабатывающих заводов. Недостаточен и уровень утилизации отдельных компонентов ТБО (в частности, макулатуры, стеклобоя, металлов, текстиля и т. п.). В Узбекистане функционирует 221 полигон захоронения и утилизации ТБО. На данный момент накоплено 33,4 млн тонн ТБО.

Твердые бытовые отходы характеризуются большим разнообразием веществ и материалов, в связи с чем. их простое захоронение на полигонах означает большую потерю ценных ресурсов (в частности, материальных, но также и земельных ресурсов) и

¹¹ **Депонирование отходов** (от лат. *depono* — отдаю на хранение), складирование **отходов** в определенных местах и по определенным правилам

приводит к большой нагрузке на окружающую среду. Поэтому в основу европейского законодательства по отходам была положена четкая последовательность приоритетов, согласно которой первоочередное значение при обращении с отходами имеет их материальное использование. Лишь после полного использования этой возможности следует стремиться к энергетическому использованию, а захоронение на упорядоченных полигонах должно быть самым последним способом надежного устранения отходов. Эта концепция опирается также на идею, заключающуюся в том, что специфическая утилизация веществ и материалов, содержащихся в отходах, всегда включает также важный социальный и экономический компонент. Сортировка и обработка отходов с получением различных материальных фракций служит большим потенциалом занятости, приводит к образованию самостоятельного хозяйственного сектора, и, кроме того, облегчает задачу устранения отходов без значительной опасности для окружающей среды и здоровья людей.

4.2. Логистика твердых бытовых отходов

Процесс управления отходами начинается с логистических операций. Логистика охватывает планирование, управление, проведение и контроль всех остаточных потоков материала, а также принадлежащие к ним потоки информации. Логистика отходов прослеживает весь путь движения отходов от места образования до места утилизации или переработки.

4.2.1. Этапы сбора и транспортировки отходов

Этапы сбора и транспортирования отходов включают соответственно следующие частные процессы:

1. сбор бытовых отходов, а также — по возможности — предварительно отсортированных ценных материалов и вывоз этих смесей материалов с места их сбора;
2. транспортирование собранных отходов к установкам для переработки, обработки или захоронения, включая необходимые для этого процессы перегрузки

Сбор и транспортирование отходов имеют чрезвычайно большое значение для функционирования системы управления отходами, но их часто недооценивают или уделяют им слишком мало внимания.

Следует указать на то, что эти процессы являются очень трудоемкими и на них приходится от 60 до 80% всех издержек в современной системе. Вид, размер и размещение контейнеров для сбора отходов, а также периодичность вывоза оказывают существенное влияние на состав обрабатываемых отходов, а также на количество и качество выделяемых из них ценных материалов. Уже от первого этапа, т.е. сбора и вывоза отходов, существенно зависит эффективность управления отходами.

Для эффективной и оптимизированной организации сбора отходов необходимо обращать внимание, прежде всего, на следующие аспекты: величина района сбора, его структурные, экономические и социальные характеристики, действующие требования законодательства, требования пользователей системы, спектр подходящего оборудования для сбора отходов.

4.2.2. Разработка логистических схем транспортировки отходов

Различают логистические схемы транспортировки отходов двух видов:

1. Управление обратными материальными потоками и сопутствующими потоками информации на этапах их движения от источника вторичного сырья до розничной торговли включительно. Рассматриваются потоки отходов производства или использованная тара. В основном номенклатура этих потоков ограничена, поэтому производственные отходы являются ликвидными и без глубокой переработки могут быть использованы предприятиями в качестве сырья при производстве товаров. Основные логистические проблемы при организации этих потоков связаны с необходимостью создания промежуточных складов и транспортировкой отходов от мест их возникновения до мест переработки и потребления.

2. Сбор твердых бытовых отходов от конечных потребителей, которые могут быть представлены домашними хозяйствами или учреждениями. Включает в себя организацию сбора использованной упаковки, биологических отходов и отслуживших свой срок товаров (техника, мебель, одежда). Для обеспечения перемещения твердых бытовых отходов требуется создание отдельных логистических каналов и цепей поставок.

Оптимизация движения обратных материальных потоков должна осуществляться при:

— проектировании изделия или упаковки, путем закладывания таких их свойств, которые позволяют повторное использование материалов и уменьшение времени разложения упаковки в природной среде;

— управлении транспортировкой твердых бытовых отходов на разных этапах их перемещения;

— разработке системы сбора твердых бытовых отходов от населения;

— создании макрологистических систем сбора и переработки отходов в регионе и стране.

В результате совершенствования технологии перемещения обратных материальных потоков могут быть получены следующие результаты:

— уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду за счет снижения объемов бытовых и промышленных отходов, размещаемых на полигонах для захоронения отходов (свалках);

— уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду за счет рационализации движения транспортных средств;

— получение экономического эффекта за счет уменьшения количества энергии на производство оборотной тары или за счет повторного использования деталей и материалов.

Следовательно, логистика связана с решением экологических задач. Логистика обратных материальных потоков – это часть глобальной логистической системы, включающая в себя:

- источники отходов (домашние хозяйства или предприятия);
- промежуточное звено (сбор, транспортировка и хранение отходов);
- уничтожение отходов;
- последнее звено (производственные предприятия, использующие отсортированные отходы в качестве сырья или полигоны для захоронения неликвидных отходов и шлаков).

4.2.3. Логистическая система как основа организационно-экономической устойчивости предприятия

Концепция логистики подразумевает интегрированное управление сферами снабжения, сбыта, производства, транспортировки и хранения.

Концепция построения логистической системы (ЛС) включает в себя четыре ключевых направления при создании систем подобного рода:

- 1) создание ЛС на основе системного подхода;
- 2) учет общих затрат при создании ЛС;
- 3) обеспечение необходимого уровня сервиса потребительского спроса в рамках ЛС;
- 4) определение эффективности ЛС.

Логистические системы управляют так называемыми логистическими процессами, которые действуют как процессы преобразования состояний системы в зависимости от объекта. Объектами ЛС могут быть время, место, состав, количественные и качественные характеристики.

Существенными элементами при определении организационно-экономической устойчивости ЛС являются влияние ее деятельности на окружающую среду, эффективное использование сырья и энергии, совершенствование экологического

надзора, утилизация отходов и охрана окружающей среды. Эту сферу деятельности выделяют в особую логистическую подсистему реализации отходов (рис. 4.1).

Определение организационно-экономической устойчивости предприятия базируется на определении эффективности функционирования ЛС. Эффективность значительно зависит от затрат, возникающих в ЛС, и правильности их планирования.

При определении затрат необходимо учитывать, с одной стороны, движение и взаимовлияние потоков внутри предприятия, с другой — правила обмена потоками предприятия с поставщиками финансовых ресурсов (банки, рынок ценных бумаг, местный бюджет), а также с поставщиками сырьевых и производственных ресурсов и потребителями готовой продукции.

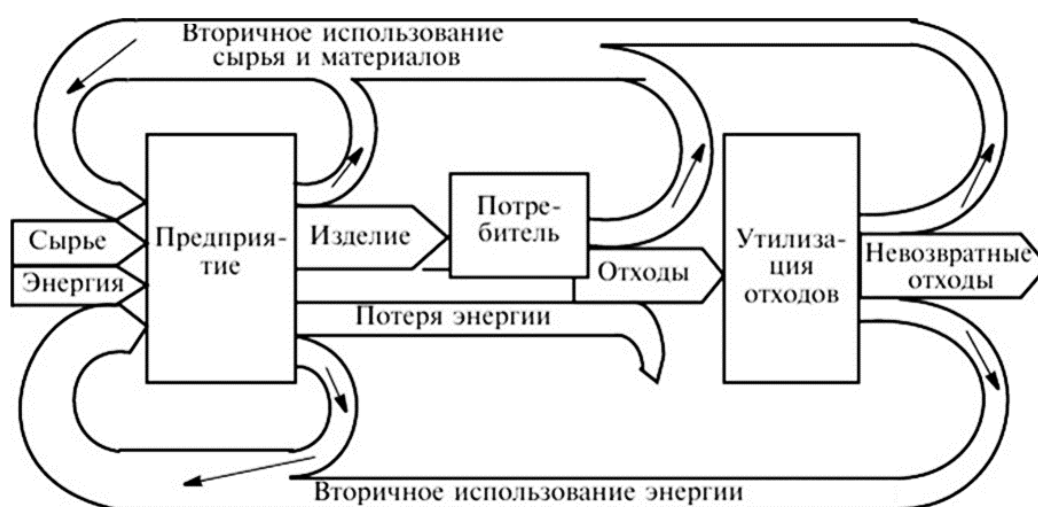


Рис. 4.1. Принципиальная схема функционирования логистической подсистемы реализации отходов

Логистика возвратных потоков включает планирование, управление, организацию, регулирование и контроль, а также потоки информации в отношении всех остаточных потоков материала:

- возврат продукции (примерно 10% всего, что покупается, возвращается обратно),
- сокращение числа каналов перемещения грузов,
- переработку и замену материалов, повторное использование материалов,
- удаление отходов,
- обновление товара, устранение поломок,
- повторное производство.

Эти виды деятельности рассматриваются с точки зрения величины расходов, уровня обслуживания потребителей, рентабельности, отношений с партнерами и

союзниками, конкурентного преимущества.

4.3. Селективный сбор отходов

На современном этапе проблемы логистики отходов можно было бы значительно упростить, введя селективный сбор отходов.

4.3.1. Виды селективного сбора ТБО

Селективный сбор отходов с их последующей переработкой является экономически наиболее обоснованной из всех известных стратегий по уменьшению объемов депонирования ТБО на полигонах. Селективный сбор требует наименьших затрат бюджетных средств по сравнению с сортировкой, компостированием и сжиганием смешанных отходов.

Варианты применяемых в различных странах сбора отходов с последующей переработкой:

1. Дуальная система – 2 потока (сухой и мокрый)
2. Раздельный сбор отдельных фракций на контейнерной площадке
 - в каждом домохозяйстве;
 - на общедомовой площадке;
 - на муниципальной площадке.
3. Пункты сбора отдельных фракций (например, пункты приёма макулатуры, металлолома, пластика)
4. Сбор по расписанию (вывоз отдельных фракций мусора с территории домохозяйств специальным транспортом).

В идеальном варианте целью раздельного сбора является разделение всего объема ТБО на три основных потока:

– «сухие» вторичные ресурсы, пригодные для промышленной переработки (пластмассы, стеклбой, металлы, макулатура и текстиль), составляющие 35-50 % от общей массы;

– «влажные» биоразлагаемые отходы для компостирования (кухонные, пищевые, садовые отходы, а также влажные и загрязненные отходы бумаги) - 25-35%;

– «хвосты» — прочие неперерабатываемые отходы. К ним в каждом конкретном случае могут быть отнесены и отходы, потенциально пригодные к переработке, но для которых технологии переработки в данном регионе отсутствуют, например одноразовые подгузники или композитные упаковки. Также в этот поток попадают вторичные ресурсы, потерявшие потребительские свойства в результате их смешанного сбора.

Для каждого потока предусмотрены свои методы дальнейшей переработки (утилизации). Так, первый поток должен направляться на мусоросортировочные

комплексы (МСК) для профессиональной сортировки вторсырья по видам, категориям и сортам, а также очистки их от остаточных «хвостов». Отделение «сухих» вторичных ресурсов от «влажных» и «хвостов» позволяет предотвратить загрязнение основной доли вторсырья, в несколько раз повысить экономическую эффективность дальнейшей переработки отходов и улучшить санитарные условия работающих.

«Влажные» биоразлагаемые отходы могут подвергаться аэробному сбраживанию (компостированию) или анаэробному сбраживанию на специализированных установках, либо полевым методом. Товарной продукцией предприятий является компост либо компост и биогаз.

«Хвосты» также могут подвергаться сортировке и последующему сбраживанию. Однако издержки в данном случае весьма высоки, качество вторичного сырья и компоста низко и сбыт проблематичен. Такие мероприятия решают скорее задачу обезвреживания и уменьшения объема потока перед захоронением, чем получения товарной продукции. «Хвосты» также могут прессоваться перед захоронением, однако применять прессование следует к отходам, подвергшимся предварительному сбраживанию.

Ниже рассматривается возможный вариант организации селективного сбора и транспортировки ТБО.

Прежде всего необходимо определиться с наличием доступных рынков сбыта каждого вида вторичных ресурсов, а также, исходя из этого, конкретных вторичных ресурсов, которые будут выделяться из потока.

Затем надо организовать место первичной обработки и предпродажной подготовки вторичного сырья. Только после этого имеет смысл начинать установку спецконтейнеров в домовладениях.

Как правило, организацию селективного сбора целесообразно планировать в регионах, в которых уже есть МСК, работающие на смешанных отходах, либо имеются достоверные планы строительства таких мощностей.

4.3.2. Определение схемы селективного сбора

Как уже указывалось, задачей раздельного сбора отходов является обеспечение разделения отходов при сборе на три потока (три контейнера): сухие, влажные и прочие.

Опыт показал, что разделение отходов на большее количество потоков нецелесообразно. Так, любой компонент «сухих» отходов требует дополнительной профессиональной сортировки на МСК по сортам с одновременным удалением остаточных загрязняющих фракций, что делает бессмысленным их раздельный вывоз.

В качестве первой очереди раздельного сбора рекомендуется организация раздельного сбора двух потоков (двух контейнеров):

- «сухих» вторичных ресурсов в специализированные контейнеры;
- «прочих» отходов в имеющиеся контейнеры.

Выделение потока «влажных» отходов рекомендуется оставить на вторую очередь по следующим причинам:

1) при изначально небольшом уровне участия населения в раздельном сборе заполнение контейнера вторичными ресурсами будет происходить достаточно долго - одну, две недели или даже более. Столь редкий вывоз «сухих» отходов не ухудшит санитарной обстановки на контейнерной площадке, поскольку доля фракций, подверженных гниению, в этих контейнерах минимальна. Поступать подобным образом с «влажными» отходами недопустимо по санитарным требованиям;

2) основная часть «сухих» вторичных ресурсов имеет значительную рыночную стоимость, а значит, часть затрат на раздельный сбор может быть компенсирована за счет их реализации. «Влажные» отходы имеют низкую стоимость и требуют больших затрат на переработку;

3) «сухие» вторичные ресурсы составляют около 50 % по массе и 75 % по объему от всех отходов. Таким образом, их селективный сбор даст максимальный эффект.

Ниже речь пойдет о селективном сборе именно «сухих» отходов.

Таблица 4.1.

Морфологический состав раздельно собираемых отходов
(по данным 2006 г.)

Компонент вторичного сырья	Массовая доля компонента, %	Объемная доля компонентов, %	Плотность, компонента, кг/м ³
ПЭТФ-бутылки	6	23	18
Условно чистая пленка	2	10	14
Прочие отходы пластмасс	3	8	26
Стеклобой тарный	32	9	248
Газеты	39	19	148
Картон	10	24	31
Макулатура прочих сортов	8	6	105
ВСЕГО	100	100	73

Согласно экспериментальным исследованиям, «Гринпис» 2006 г., собираемые раздельно отходы имели следующий морфологический состав (см. табл. 4.1): 87 % по

массе или 76 % по объему составляли только четыре компонента: ПЭТФ-бутылки, стеклотбой, газеты и картон. Таким образом, целесообразно в первую очередь искать сбыт именно этих видов вторичного сырья.

Если в регионе организован возмездный прием алюминиевых банок, то они практически полностью будут извлечены из потока и рассчитывать на них не следует. Изделия из черного металла представлены в основном крупногабаритными материалами, и рассчитывать на их сбор также нецелесообразно.

Конструкции контейнеров для селективного сбора отходов должны удовлетворять ряду требований:

Объем одного или нескольких контейнеров на каждой площадке для «сухих» вторичных ресурсов должен быть достаточно большим: желательно не меньшим, а лучше максимально возможно большим, чем объем контейнеров для прочих отходов. Это позволит не повышать или даже сокращать частоту рейсов мусоровозов по вывозу отходов и избежать роста затрат на их вывоз. В связи с незначительным количеством быстроразлагающихся фракций в контейнерах их вывоз возможен 2-4 раза в месяц или даже реже.

4.3.3. Вывоз отдельно собранных отходов и логистика

На первый взгляд кажется, что в случае перехода к двум потокам отходов вместо одного необходимо удвоить число рейсов спецтранспорта, к трем потокам – утроить и т.д. Между тем это мнение ошибочно. Изменяться может только время работы мусоровоза в собирающем режиме, но суммарное время, затрачиваемое транспортом на доставку отходов от места сбора до места выгрузки (станции перегруза, сортировки или полигона) практически не изменяется.

Время работы мусоровоза в собирающем режиме зависит от единичной емкости контейнера. Если (при переходе от одного к двум потокам) на площадке удвоить емкость контейнеров, то теоретически количество рейсов мусоровозов вообще не изменится: мусоровоз будет забирать то один, то другой контейнер. Более того, «сухие» фракции могут вывозиться даже реже, чем обычные отходы, из-за низкого содержания органики. Следовательно, для их сбора может быть применен контейнер большой емкости, а частота вывоза даже снижена.

При переходе к разделительному сбору необходимо изменение планирования вывоза и емкости контейнеров не только для селективно собранных, но и для обычных отходов. Нужно добиваться, чтобы суммарная емкость контейнеров, опорожняемых за месяц на площадке, не изменилась при переходе на селективный сбор.

Еще одной статьей экономии при вывозе «сухих» отдельно собранных отходов может стать их уплотнение при вывозе. Поскольку они лишены влаги, то могут перевозиться до места сортировки с уплотнением без потери качества вторичных ресурсов.

Кроме того, практический опыт показал, что загрузка прессующего мусоровоза «сухими» отдельно собранными отходами может быть по объему на 1/3 больше, чем для смешанных отходов, из-за их лучшей сжимаемости.

В целом при планировании вывоза отходов по схеме отдельного сбора надо постараться предотвратить рост суммарного количества рейсов мусоровозов, поскольку вывоз является самой большой статьей расходов на обращение с отходами.

В РУз начато внедрение отдельного сбора отходов. Произведена как установка отдельных контейнеров в пунктах сбора мусора, на улицах и в учреждениях (рис. 4.2), так и пуск специальных мусоровозов для отдельного вывоза отходов.



Рис. 4.2. Контейнеры для отдельного сбора ТБО в Ташкенте

4.4. Опыт Японии по обращению с отходами

Японцы не жалеют денег на сбор и утилизацию мусора: в 2004/05 финансовом году в этих целях было затрачено 12,1 тыс. иен (около 100 долл.) на душу населения, т. е. 13 млрд долл. в масштабах всей страны.

В Японии проблема утилизации отходов, пожалуй, особенно актуальна потому, что там попросту нет места для их захоронения. Попытки организации новых мусорных свалок часто встречают протест со стороны местного населения.

За утилизацию промышленных отходов отвечают предприятия, бытовых — муниципалитеты. Ежегодно в Японии образуется около 400 млн. т промышленных и 50

млн. т бытовых отходов, что составляет в пересчете на душу населения примерно 1 кг мусора в день. Проблема бытовых отходов более сложна, так как промышленные отходы в целом более однородны, образуются в одном месте, тогда как бытовые распылены в пространстве и уже их сбор сопряжен с немалыми трудностями. Неудивительно, что степень рециклирования промышленных отходов существенно выше и составляет более 40%.

По данным центра «За чистую Японию» (некоммерческого фонда, поддерживаемого правительственными органами и частным сектором), в структуре бытовых отходов преобладают пищевые отходы, упаковочные материалы и макулатура (см. табл.):

Табл. 4.2

Структура бытовых отходов в Японии

Вид бытовых отходов	Доля в общем количестве (в %)
Пищевые	30
Упаковочная тара	25
Макулатура	25
Автомобили	10
Бытовые электроприборы	2
Одежда и тряпье	2
Мебель	около 2
Прочие (персональные компьютеры, газовые приборы и др.)	около 4

Источник: Кацуми Ёримото. Токио, 2003. С. 37.

Основные методы устранения бытовых отходов в Японии — сжигание (позволяющее сократить общий объем отходов и, одновременно, использовать отходящее тепло; на этот метод приходится около 70%), рециклирование и закапывание. Доля рециклируемых отходов понемногу растет, а закапываемых — снижается. Отходы активно используют для создания насыпных территорий и островов в океане, однако возможности дальнейшего преобразования береговой линии ограничены, поскольку уже сейчас более 60% ее длины составляют искусственные берега.

Степень утилизации бытовых отходов зависит от их вида. Степень утилизации стеклобоя в Японии составляет 83,3%. Бутылки стандартной формы (молочные, пивные) идут на повторное использование.

Жестяные и алюминиевые консервные банки, в которые разливаются многие любимые японцами напитки, не пригодны к повторному употреблению, поэтому их утилизация — более дорогостоящий процесс. Тем не менее уже в 1980 году степень утилизации алюминиевых банок увеличилась до 30% (в 1977 году — лишь 17,2%), а к 2001 г. превысила 80% жестяных — в 2003 г. составляла 86,1%.

Уровень сбора макулатуры в Японии (65,2%) приближается к максимально возможному (72,9%), а степень ее утилизации составляет почти 60%. А вот степень рециклирования пластиковых бутылок составляет только 40%.

Содействие утилизации бытовых отходов представляет один из высших приоритетов государственного регулирования. Широко пропагандируется и внедряется предложенная в апреле 2005 года концепция «3R» — от трех английских слов: reduce, reuse, recycle, означающих сокращение количества образующихся отходов, повторное их использование и рециклирование сырья

Сменив Закон об обществе рециклирования (1993), в 2000 году вступил в силу Основной закон об обществе с устойчивым ресурсным циклом, который обязал компании разрабатывать безопасные для окружающей среды изделия и выбирать для производства легко утилизируемые материалы, а также предоставлять информацию о способах утилизации. В принятом на его базе Основном плане создания общества с устойчивым ресурсным циклом, поставлены три конкретные цели в отношении ресурсного потока в экономике:

1. повысить производительность ресурсов, под которой подразумевается соотношение валовой стоимости продукции и количества непосредственно вовлекаемых в оборот материалов, до 390 тыс. иен на 1 т;

2. увеличить степень циклического использования материалов, т. е. количество повторно использованных и рециклированных материалов должно составлять примерно до 14% от общего количества непосредственно вовлеченных в оборот материалов;

3. сократить количество закапываемых отходов до 28 млн т (в 2003 количество закапываемых отходов составляло 50 млн т).

В 2000 году был принят Закон о форсировании эффективного использования сырья. Под его действие подпадает 69 видов продукции, выпускаемых десятью отраслями, — иначе говоря, примерно 50% всех бытовых и промышленных отходов. В соответствии с этим законом построено около двух тысяч специализированных предприятий, осуществляющих демонтаж старых велосипедов, мебели, бытовой

техники и т. п. (обычно в их состав входят и цеха по рециклированию), а также множество цветочных теплиц, которые отапливаются энергией, получаемой при сжигании отходов. Продукция продается тут же по весьма низким ценам. При этом в обоих случаях рабочие места часто предоставляются инвалидам.

На современных предприятиях по переработке отходов все технологические процессы автоматизированы (все шире используются роботы) и управляются дистанционно, но из кабинетов со стеклянными стенами, что позволяет осуществлять на всех стадиях переработки и визуальный контроль. Проводятся экскурсии, есть лекционные залы, в которых обучают прежде всего школьников.

Роль населения в дифференцированном сборе отходов

Весомый вклад в борьбу с загрязнением окружающей среды вносят жители Японии. Это объясняется высоким уровнем образования и благосостояния японцев, их любовью к организованности и порядку, трудолюбием и высокой гражданской ответственностью. Одно из главных достижений Японии — то, что рециклирование теперь начинается еще в домохозяйствах.

Дифференцированный сбор отходов, начавшийся в Японии в 80-е годы, сейчас практикуется почти повсеместно. На улицах, на станциях метро и железной дороги, в университетских кампусах установлены контейнеры для раздельного сбора пластиковых и стеклянных бутылок, алюминиевых банок, горючего и негорючего мусора. При этом во многих населенных пунктах число таких категорий мусора постоянно растет. К тому же мусор каждого сорта, который вывозится специальными машинами, выставлять для сбора можно лишь в определенные дни — расписание существует в любом муниципалитете.

Сортировка требует немалых усилий. Тем не менее, в последние двадцать лет дифференцированный сбор бытовых отходов стал нормой жизни большинства японцев, но особенно неукоснительно выполняют все требования домохозяйки. Сформировался целый класс «профессиональных домохозяек».

Чтобы избавиться от ставших ненужными крупногабаритных вещей, следует обратиться в специальную контору, откуда за определенную плату пришлют машину. Например, за утилизацию велосипеда придется заплатить около 10 долл. Такая практика существует в 80% муниципалитетов страны. В муниципальных органах есть специальный стенд, где любой желающий может поместить свое объявление о продаже или безвозмездной передаче каких-либо вещей, предметов обихода.

Новые тенденции. На глазах меняется отношение к полиэтиленовым пакетам для упаковки покупок. В Японии ежегодно используется около 30 млрд таких пакетов, причем на изготовление каждого расходуется 18 миллилитров нефти. Осознав, сколько

ресурсов можно сберечь и как резко снизить нагрузку на окружающую среду только за счет пакетов, японцы изменили свое поведение. Теперь в магазинах покупателей все чаще спрашивают, действительно ли им нужен пакет. В магазинах токийского района Сугинами с 2002 года ввели целевой экологический налог — желающие использовать одноразовые пакеты должны заплатить 5 иен.

С 1 апреля 2007 года вступила в силу поправка к Закону о рециклировании тары и упаковки, согласно которой розничные торговцы обязаны ежегодно представлять в правительство отчет о том, что ими было сделано для сокращения количества пакетов.

С начала 2000-х годов японское общество охватила настоящая эпидемия бережливости. «Моттаинай-нэ-э-э» можно услышать из уст японцев разных поколений; все чаще это же выражение употребляют в своих выступлениях губернаторы, мэры и другие известные люди. Движение «моттаинай» ширится. Бывший премьер-министр Японии Дзюньитиро Коидзуми на встрече глав ведущих мировых держав и на других международных форумах познакомил мировую общественность с концепцией «моттаинай», согласно которой все блага дарованы свыше и растрачивать что-либо без нужды, терять или выбрасывать — грех. Успехи, достигнутые японцами в решении проблемы отходов, во многом объясняются этой сохранившейся с древнейших времен системой ценностей японского общества.

Чтобы гости страны тоже соблюдали правила отдельного сбора, японцы устанавливают на улицах особые урны: отверстия в них сделаны так, чтобы ничего, кроме того, для чего они предназначены, туда не входило. Для того, чтобы было понятно, к какой категории отходов относится тот или иной мусор, на всех упаковках товаров есть маркировка, подсказывающая куда ее выкидывать. Например, на йогурте указано, что крышку нужно выбрасывать в пластиковый мусор, а стаканчик — в сгораемые отходы.



Рис. 4.3. Инструкции для отдельного сбора мусора

Мусорные полигоны. В густонаселенной Японии практически не остается места для захоронения отходов. В большинстве густонаселенных районов страны

возможности для захоронения уже исчерпаны и ТБО вывозятся в соседние префектуры. Но и в провинции подходящих мест для организации полигонов становится все меньше. Поэтому японцы стараются больше сжигать и меньше закапывать: захоронению подлежит менее 5% бытового мусора.



Рис. 4.4. Сортировочный комплекс. Фото AXE Machinery LLC

Мусоросжигающие заводы. В Японии захоронению подлежат всего 5% бытового мусора, остальное отправляется на переработку или сжигание. Сжигается более 70% всех ТБО. Даже макулатура перерабатывается только на 65%, остальное отправляется на МСЗ. Мусоросжигающие заводы (инсинераторы)¹² строятся по самым современным технологиям. Благодаря высокой температуре сжигания (метод



плазменной газификации обеспечивает горение с температурой более 1200 °С) и мощной системе фильтрации МСЗ практически не выбрасывают в атмосферу вредные вещества и парниковые газы.

Рис. 4.5. Небоскреб в центре фото - не офисное здание, а трубы инсинератора. Фото AXE Machinery LLC

¹² Инсинератор (incinerator) - это установка для термического уничтожения жидких, твердых и газообразных отходов.

При сжигании количество мусора уменьшается почти в 5 раз: из 30 тонн мусора образуется около 6 тонн зольного шлака, который впоследствии очищается и может использоваться в строительстве. К тому же мусоросжигательные заводы являются поставщиками тепловой энергии. В Японии здания мусороперерабатывающих предприятий, которые, казалось бы, должны вызывать не самые приятные ассоциации, имеют привлекательный вид (рис. 4.5), рядом с ними разбивают скверы и строят бассейны, где используется отходящее тепло.

Мусорные острова. Еще один популярный метод утилизации ТБО - строительство искусственных островов (рис. 4.6). Для маленькой Японии это экзотическое на первый взгляд решение более чем оправдано - нехватка свободных территорий ощущается очень остро.



Рис. 4.6. Один из искусственный островов. Фото AXE Machinery LLC

Даже один из районов Токио – Одайба – расположен на острове, построенном с использованием отходов. Несмотря на то, что остров построен из мусора, на нем расположен в том числе элитный жилой комплекс.

Для строительства островов используют спрессованный зольный остаток, образующийся при сжигании отходов в инсинераторе.

Первые насыпные территории создавались для размещения вентиляционных шахт, которыми оборудовались предприятия по добыче полезных ископаемых в море; на них также выносились экологически грязные производства — фабрики по переработке отходов и ТЭЦ, а также некоторые заводы — например, крупнейший в мире

металлургический комбинат Фукуяма. Однако в дальнейшем искусственные территории стали создавать в соответствии с концепцией «полностью укомплектованного населенного пункта». Сейчас в портовой части любого крупного города Японии возведены целые современные микрорайоны, в которых есть и офисные здания, и бизнес-центры, и парки с аттракционами, и музеи, и жилые дома. На искусственных насыпях размещаются аэропорты (Кансай вблизи Осака, Тюбу недалеко от Нагоя); подобные острова служат опорами для мостов в Токийском заливе, а также трех мостов, соединяющих остров Сикоку с островом Хонсю, и т. п.

4.5. Пневматическая система сбора и транспортировки отходов

Качественное улучшение санитарного состояния дворовых территорий и почти полное исключение отрицательного влияния ТБО на городскую окружающую среду могут быть обеспечены при внедрении принципиально новых систем сбора и удаления ТБО из жилых образований, а именно **децентрализованных и централизованных вакуумных систем**. Эти системы позволяют полностью исключить применяемые в настоящее время контейнеры и связанный с ними ручной труд при перегрузке ТБО из мусороприемных камер зданий, механизировать и автоматизировать весь процесс удаления отходов из отдельных жилых домов и целых жилых районов.

Пневматические системы транспортирования отходов, или, как их еще называют, вакуумные системы мусороудаления, помогают устранить проблемы, связанные с издержками по сбору отходов и отрицательными факторами при накоплении отходов во дворах. Мусор через загрузочные посты засасывается в систему отводящих труб за счет создаваемого в них разрежения и движется в воздушном потоке к месту накопления. Дополнительные усовершенствования позволяют осуществлять раздельный сбор отходов при использовании одного трубопровода. Внедрение таких систем позволяет полностью автоматизировать процесс и ликвидировать ручной труд при сборе и удалении ТБО.

В СССР первый трубопроводный пневмотранспорт начали разрабатывать еще в 1975 г. на опытной базе НПО «Транспрогресс». В 1983 г. в г. Ленинграде была внедрена пневматическая система для транспортирования бытовых отходов. С помощью этой системы осуществлялось транспортирование (по трубопроводу диаметром 200 мм) 125 тыс. т бытовых отходов из района Шувалово на мусороперерабатывающий завод в Горелово, расположенный на расстоянии 11 км. Внедрение этой системы в два раза сократило путь транспортирования отходов по сравнению с автотранспортом. Резко

снизились затраты на топливо, были полностью автоматизированы погрузочно-разгрузочные и транспортные операции, улучшилось стояние воздушной среды.

В настоящее время в микрорайоне Северное Чертаново (Москва) успешно функционирует шведская пневматическая система уборки мусора; при этом на всех стадиях производственного процесса полностью отсутствуют непосредственные контакты людей с отходами. Запечатанный в пакеты мусор выбрасывается в мусоропровод, откуда он попадает в общий тоннель, из которого 3–4 раза в день удаляется воздушным потоком в специально приспособленное хранилище, расположенное на окраине микрорайона.

Табл. 4.3.

Обзор существующих видов подземного пневмотранспорта для сбора мусора

Место и год	Характеристики
Остров Рузвельт г. Нью-Йорк, США с 1975 г.	16 жилых комплексов оснащены приемниками мусора на каждом этаже здания. Сбор отходов осуществляется 5 раз в день в 2 терминалах на острове. Система осуществляет сбор 10 т/час отходов. Главные преимущества: устранены негигиеничные контейнеры и работа грузовиков в узких густонаселенных улицах города.. Система работала даже в экстренных ситуациях, когда в других городах сбор мусора приостанавливался из-за погодных условий.
Мир Дисней, г. Орlando, США с 1970	Круговой сбор мусора 24 часа в сутки охватывает все пункты парка площадью 1,2 млн. м ² . Самый длинный путь для от пункта до терминала
г. Вембли, Великобритания с 2008	42000 квартир, магазинов, отелей соединены 2,5 км трубой для сбора мусора. Сбор осуществляется несколько раз в день: по необходимости или при заполнении урны до предельного уровня. Система рассчитана на сбор 160 т в неделю. 252 урны установлены рядом со зданиями. Раздельный сбор мусора включает в себя: органические отходы, бумагу и картон. Автоматическая система управления давлением в трубе позволяет удаленно справляться с заторами. Система позволила уменьшить использование мусоровозов на 75%, использовать 1865 м ² для 62 парковочных мест. Выбросы CO ₂ в атмосферу уменьшились на 400 т/год.
Остров Яс ОАЭ	5,3 км трубы соединяют 43 пункта приема мусора в развлекательных, спортивных местах, прогулочных улицах и зданиях. Сбор 40 тонн/день в двух терминалах: органические отходы и то, что может быть переработано (бумага, стекло, пластик). Максимальная длина от урны до терминала — 2,9 км. Имеется возможность собрать отходы со всех пунктов сразу, либо отдельно.
Леон, Испания с 2002 г.	13 км соединяют 71 пункта приема мусора в жилых домах, барах, ресторанах. Ежедневно обслуживаются 4000 жителей, осуществляется сбор 10 тонн/день. Два вида мусора: органические отходы, бумага/картон. Сбор стекла не осуществляется. Стоимость строительства — 5,2 млн. евро, обслуживание — 100000 евро в год.

Г. Романвиль, Франция, с 2008 г.	4,1 км трубопроводов соединяют 179 пунктов, обслуживающих 4600 жилых помещений, в которых проживают 9000 жителей. Сбор отходов в терминалы происходит 2-3 раза в день в автоматическом режиме. Необходимо 45 мин, чтобы опустошить все урны. Система собирает 12 тонн/день три вида отходов: органические отходы, бумага/картон и другие остатки. В итоге система позволила уменьшить использование мусоровозов на 60%.
Мекка, ОАЭ, с 2003 г	600 пунктов, 20 км трубопровода, общей площадью 4500 м ² , 600 тонн/день. Самая высокая скорость в мусоропроводе, которая достигает 100 км/ч за счет малого диаметра трубы 200-300 мм. Самый длинный путь от урны до терминала составляет 4 км. Круговое расположение трубопровода
Г. Гаммарби, Швеция с 1990 г.	16 км трубы обслуживают 650 пунктов сбор мусора 13000 апартаментов по 15 тонн/ день.
Г. Барселона, Испания С 1992 г.	На данный момент 480 пунктов обслуживают 16000 жилых апартаментов, ресторанов, магазинов и отелей.

Таблица 4.4.

Преимущества и недостатки использования подземного пневмотранспорта для сбора мусора

Преимущества	Недостатки
Уменьшение трат на транспортировку мусора и обслуживание	Высокие траты на строительство
Возможность осуществлять сбор всех видов ТБО	Невозможно осуществлять сбор крупногабаритных отходов и стекло
Гибкая система с возможностью адаптироваться к изменениям	После установки гибкость системы снижается
Сведение к минимуму использование мусоровозов в городских районах	Использование автомобильного транспорта не исключается
Уменьшение акустического, экологического загрязнения воздуха. Гигиеничность.	Риск образования заторов в трубе
Освобождение надземного пространства	Требуется подготовка общества к правильному сбору мусора
Повышенная безопасность работников (гигиена, несчастные случаи)	Требуется подготовленный персонал
Работа в любую погоду и в экстренные ситуации	

Классификация подземного пневмотранспорта для сбора мусора

Классификационный признак	Значение классификационного признака			
Расположение трубопровода	Круговое	Звездообразное	Разветвленное	Комбинированное
Вид отходов	Сортированные			Несортированные
	Органический	Бумага, картон	Пластик	
Расположение пунктов приемов	В здании		На открытой поверхности	
	На одном этаже	На нескольких этажах		
Сбор мусора	Автоматическое		Ручное	
	В определенное время	По мере заполнения урн	По запросу	
Управление давлением в трубопроводе	Управляемое		Фиксированное	
Диаметр трубопровода	200-300 мм		400-500 мм	

Как правило, система вакуумного удаления отходов состоит из приемных постов, системы трубопроводов, воздушных турбин, циклона (для отделения отходов от воздуха), системы очистки воздуха, разделителя отходов, системы управления (рис. 4.7).

Вакуумные системы мусороудаления устроены следующим образом. Все мусоропроводы обслуживаемых зданий соединены через затворы мусоропроводов (мусороприемные клапаны) и транспортные трубопроводы с приемным бункером, расположенным на сборном пункте микрорайона. Каждый транспортный трубопровод сообщается с атмосферой через воздушный вентиль, расположенный в вентиляционной камере. Охватывающая жилой район сеть транспортных трубопроводов состоит из основной магистрали и подключенных к ней ответвлений, заканчивающихся воздушными вентилями.



Рис. 4.7. Устройство пневматической системы транспортировки ТБО

Работа вакуумной пневмосистемы может осуществляться автоматически по заданной программе или с ручным управлением. ТБО удаляют последовательно сначала из каждого мусоропровода одного ответвления, затем другого и т. д. При этом в каждом ответвлении сначала создают поток транспортирующего воздуха (за счет срабатывания соответствующего воздушного вентиля), а затем последовательно открывают мусороприемные клапаны. Продолжительность опорожнения одного мусоропровода составляет 15–30 с. Из мусоропроводов ТБО под действием собственной массы и разрежения попадают в транспортный трубопровод, по которому аэросмесь перемещают к сборному пункту. Из транспортной магистрали аэросмесь направляют в приемный бункер-циклон, в котором ТБО осаждают, а сепарированный от них транспортирующий воздух через фильтр, вакуум-турбины и глушители эвакуируют в атмосферу.

Для обслуживания зданий без мусоропроводов (малоэтажная застройка, общественные здания и т. п.), а также дворовых территорий устраивают так называемые **поверхностные вводы**, которые могут обслуживать определенную группу зданий. Поверхностные вводы располагают в отдельных помещениях или в подъездах зданий. Соединение поверхностного ввода с транспортным трубопроводом пневмосистемы осуществляют аналогично соединению с последней мусоропровода. Известные централизованные вакуумные системы с расположением мусороприемного, воздухоочистного и энергетического оборудования на центральном сборном пункте имеют радиус действия 1–1,5 км. При средней плотности застройки жилых районов 9–11-этажными зданиями такая пневмосистема способна обслуживать до 20 тыс. человек (рис. 4.8).

Сейчас предлагаются готовые системы пневмотранспорта отходов, в том числе и промышленных (рис. 4.9). Системы аспирации предназначены для:

- Предприятий целлюлозно-бумажной промышленности
- Типографий
- Фабрик по производству картона и гофротары
- Предприятий деревообрабатывающей промышленности
- Заводов по производству сухих строительных смесей
- Предприятий табачной промышленности
- Предприятий пищевой промышленности, использующих сыпучие материалы (изделия)
- Предприятий, использующих химические порошки и гранулы и др.



Рис. 4.8. Пневматическая система сбора ТБО в жилой застройке

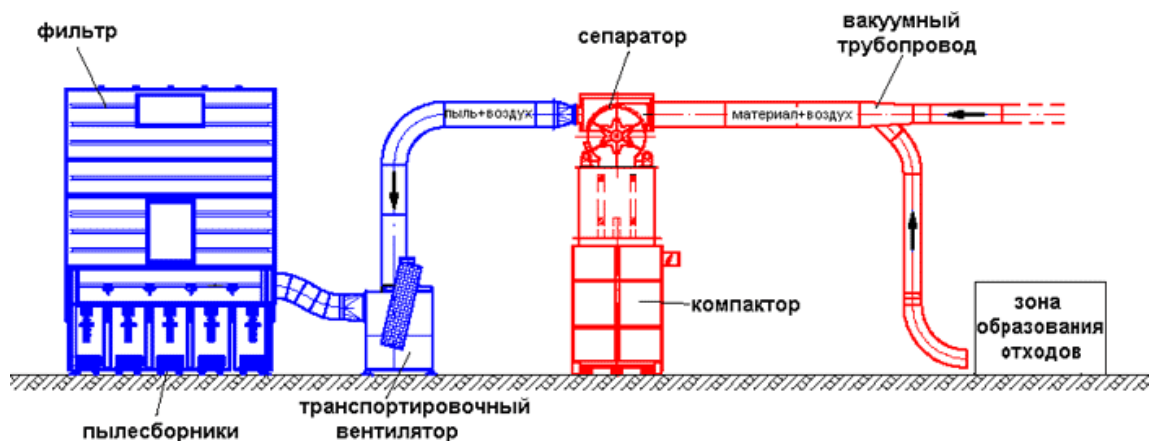


Рис. 4.9. Пример системы пневмотранспорта промышленных отходов

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте проблему накопления бытовых отходов.
2. На каких принципах основывается логистика ТБО?
3. Как формируются потоки возвратных материалов?
4. В чем заключается селективный сбор отходов? Как его организуют?
5. Опишите опыт Японии по обращению с отходами.
6. Что такое пневматическая система сбора отходов? Преимущества и недостатки.

ГЛАВА 5. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

5.1. Значение механических процессов и технологий для рециклинга отходов

Утилизация твердых отходов в большинстве случаев приводит к необходимости разделения на компоненты (в процессах очистки, обогащения, извлечения ценных составляющих) с последующей обработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида, обеспечивающего саму возможность утилизации отходов. Основные методы подготовки отходов к переработке представлены на рис. 5.1.

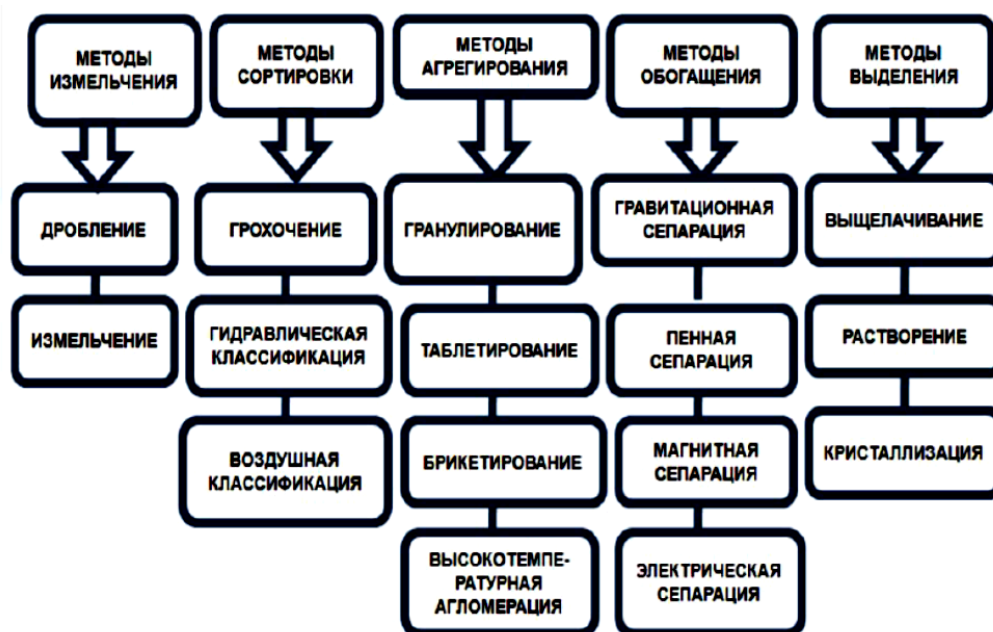


Рис. 5.1. Методы подготовки твердых отходов к переработке

Механические процессы сортировки и подготовки твердых бытовых отходов, по своему существу, описываются уже знакомыми и проверенными способами и методами, широко используемыми в рудоподготовке и обогащении минерального сырья. Поскольку твердые бытовые отходы в большинстве случаев сильно загрязнены и потеряли свою потребительскую способность и качество, поэтому для производства из них новой продукции необходимо провести их предварительную подготовку (обработку). Причем, мешающие материалы и загрязнения отделяются и удаляются, а пригодные к дальнейшей обработке вещества направляются далее в форме, пригодной к транспортировке и обработке. При механических процессах не происходит изменений материала, изменяется лишь состояние диспергирования и состояния смешения.

Критерии отбора механических процессов подготовки отходов

Критерии отбора механических процессов для подготовки отходов к их последующей переработке определяются следующими факторами:

- видом и количеством загрязнений;
- химическими и физическими свойствами отходов;
- стоимостью исходного материала и продуктов;
- требованиями потребителя к вторичному сырью в аспекте допустимого содержания загрязнений;
- размером частиц и другими физическими свойствами;
- рентабельностью с учетом сэкономленных на очистку и на подготовку к переработке расходов и достижимой прибыли.

5.2. Физические основы измельчения

Измельчением называют процесс разрушения кусков твердого материала при критических внутренних напряжениях, создаваемых в результате какого-либо нагружения и превышающих соответствующий предел прочности. Напряжения в материале могут создаваться механическим нагружением, температурными воздействиями, ультразвуковыми колебаниями и др. Наибольшее применение в современном производстве имеют механические способы измельчения.

Измельчение делят на дробление и помол, а машины, применяемые для этих целей, называются дробилками и мельницами. В зависимости от размеров частиц продукта различаются классы измельчения (табл. 5.1). Основной характеристикой процесса измельчения является степень измельчения, которая определяется соотношением средневзвешенных размеров частиц материала до и после измельчения:

$$i = d_n / d_k$$

Степень измельчения отражает технологию и определяет параметры измельчителей.

По способу разрушающего воздействия на куски материала различают раздавливание, раскалывание, разламывание, резание, распиливание, истирание, удар и различные комбинации этих способов.

Табл. 5.1

Классы измельчения

Класс измельчения	Размер кусков до измельчения, мм	Размер кусков после измельчения, мм	Степень измельчения i
Дробление			
- крупное	1500-300	300-100	2-6
- среднее	300-100	50-10	5-10
- мелкое	50-10	10-2	10-50
Измельчение			
- тонкое	15-5	2-0,05	50
- коллоидное	12-0,1	$75 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$	-

Раздавливание (рис. 5.2, а) – тело под действием нагрузки деформируется по всему объему и, когда внутреннее напряжение в нем превысит предел прочности сжатию, разрушается. В результате такого разрушения получают частицы различного размера и формы.

Раскалывание (рис. 5.2, б) – тело разрушается на части в местах концентрации наибольших нагрузок, передаваемых клинообразными рабочими элементами измельчителя. Образующиеся при этом частицы более однородны по размерам и форме, хотя форма, как и при раздавливании, непостоянна. Способ раскалывания по сравнению с раздавливанием позволяет регулировать крупность получаемых частиц.

Разламывание (рис. 5.2, в) – тело разрушается под действием изгибающих сил. Размеры и форма частиц, получающихся при разламывании примерно такие же, как и при раскалывании.

Резание (рис. 5.2, г) – тело делится на части заранее заданных размеров и формы. Процесс полностью управляемый.

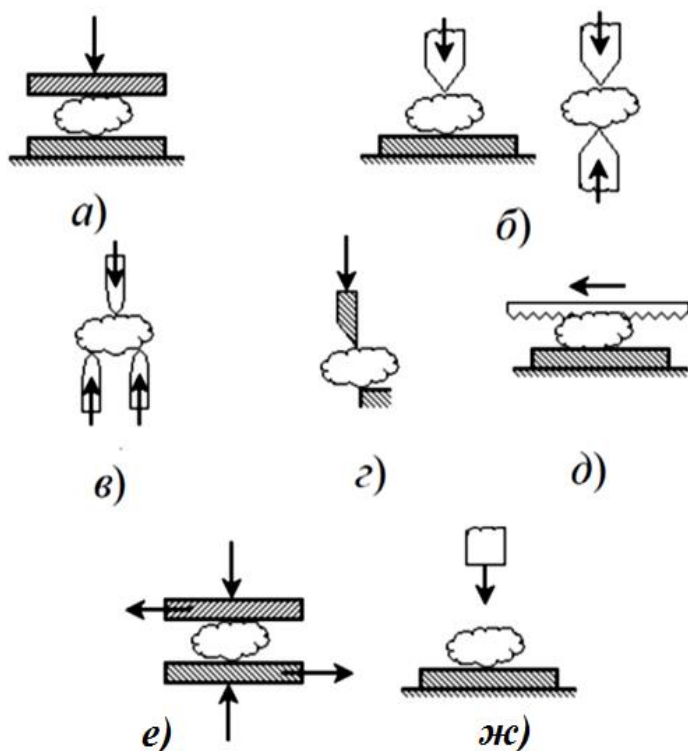
При *распиливании* (рис. 5.2, д) результаты получаются аналогичные резанию. Процесс полностью управляем, и частицы имеют заранее заданные размер и форму.

Истирание (рис. 5.2, е) – тело измельчается под действием сжимающих, растягивающих и срезающих сил. При этом получают мелкий порошкообразный продукт.

Удар (рис. 5.2, ж) – тело распадается на части под действием динамической нагрузки. При сосредоточенной нагрузке получается эффект, подобный тому, что происходит при раскалывании, а при распределении нагрузки по всему объему эффект разрушения аналогичен раздавливанию. При ударе тело разрушается между двумя рабочими органами измельчителя. Эффект такого разрушения зависит от кинетической энергии ударяющего тела.

Из перечисленных способов пригодными для промышленного измельчения оказались раскалывание, разламывание, раздавливание, истирание и удар. Раскалывание применяют для получения кусковых материалов; разламывание обычно сопутствует другим способам при крупном, среднем и мелком измельчении, а резание и распиливание применяют в тех случаях, когда нужно получить куски материала определенного размера и заданной формы.

Рис. 5.2. Способы измельчения



Истирание применяют для тонкого измельчения мягких и вязких материалов. При этом его всегда комбинируют с раздавливанием и ударом. Истирание улучшает процесс тонкого измельчения и перемешивания материалов, но при этом увеличиваются расход энергии и износ рабочих элементов измельчителя. Продукты износа попадают в измельчаемый материал, а

это нежелательно как с точки зрения ведения самого процесса, так и получения продуктов измельчения высокой чистоты.

В работе подавляющего большинства современных измельчителей использованы способы раскалывания, раздавливания и удара, а также сочетание этих способов с разламыванием и истиранием.

Имеются практические рекомендации по использованию соответствующих видов нагрузок в зависимости от типа измельчаемого материала. Так, дробление прочных и хрупких материалов целесообразно осуществлять раздавливанием и изломом, а прочных и вязких – раздавливанием и истиранием. Крупное дробление мягких и хрупких материалов предпочтительно выполнять раскалыванием, среднее и мелкое – ударом. В промышленности дробление материалов проводят, как правило, сухим способом. Реже применяют мокрое дробление, когда в загрузочные устройства машин разбрызгивают воду для уменьшения пылеобразования.

Помол твердых материалов осуществляют ударом и истиранием. Также как и дробление, помол может быть сухим и мокрым. По сравнению с сухим, мокрый помол экологически более совершенен и более производителен. Однако мокрый помол может применяться только тогда, когда допускается контакт измельчаемого материала с водой. Разновидности дробилок и мельниц представлены на рис. 5.3.

По способу воздействия на измельчаемый материал различают дробилки, разрушающие материал сжатием (щековые, конусные и валковые дробилки) и ударом (роторные и молотковые дробилки).

В щековых дробилках измельчение материала происходит, в основном, раздавливанием в камере между щеками при периодическом их сближении. При отходе подвижной щеки от неподвижной измельченный материал выпадает из дробилки. Одновременно при сжатии кусков имеет место их относительное перемещение, вследствие чего куски истираются. При рифленых рабочих поверхностях щеки измельчение кусков материала может сопровождаться также раскалыванием и изломом.

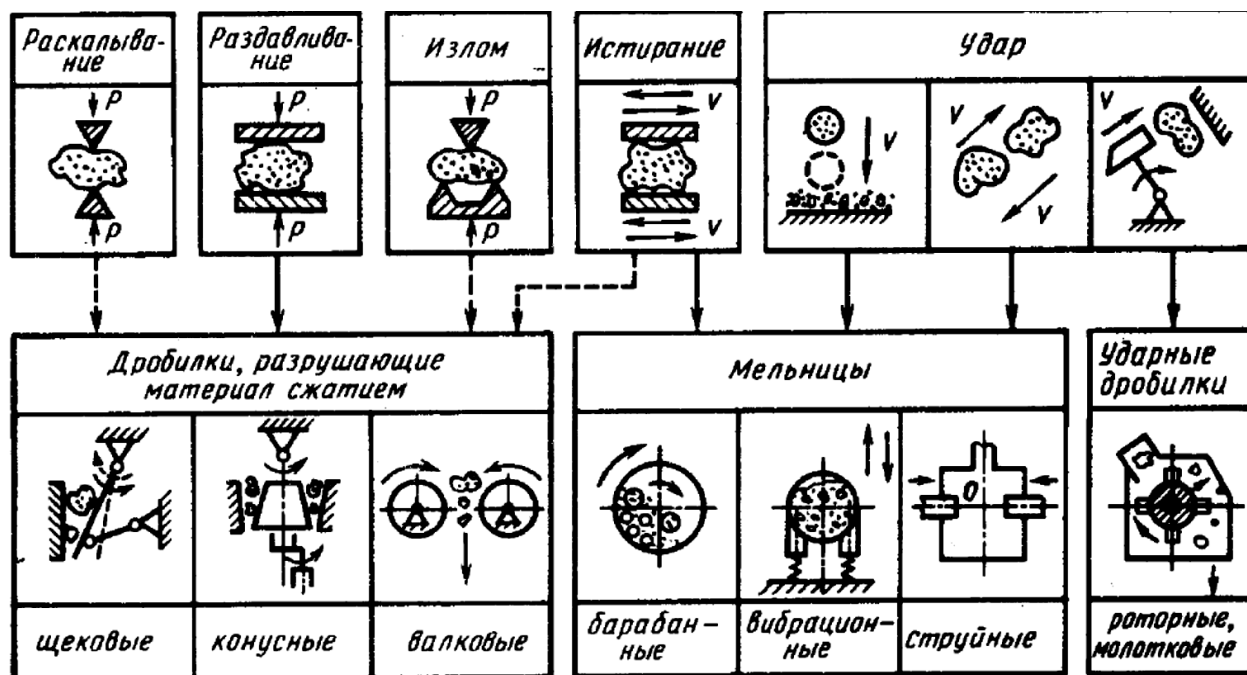


Рис. 5.3 Способы механического разрушения материалов, реализуемые в дробилках и мельницах:

— — преобладающие; - - - - - — сопутствующие

В конусных дробилках разрушение материала происходит раздавливанием, изломом и истиранием при обкатывании подвижного конуса внутри неподвижного. При этом происходит периодическое сближение и отход от рабочих поверхностей конусов, в принципе, как в щековых дробилках.

В валковых дробилках материал измельчается в сужающемся пространстве между вращающимися навстречу друг другу валками путем раздавливания. При использовании рифленых и зубчатых валков материал измельчается также раскалыванием и изломом.

В роторных и молотковых дробилках ударного действия измельчение материала происходит за счет удара по кускам вращающихся бил или молотков, а также соударения отброшенных кусков с отражательными элементами машин.

В шаровых барабанных мельницах материал измельчается во вращающемся барабане путем удара мелющих тел, падающих с некоторой высоты. Кроме того, при

относительном движении мелющих тел и частиц материала происходит истирание последних.

В вибрационных мельницах измельчение материала осуществляется в барабане, заполненном мелющими телами, ударом и истиранием при высокочастотных колебаниях корпуса.

В струйных мельницах измельчение материала происходит истиранием при соударении частиц между собой и со стенками рабочей камеры при хаотическом движении частиц в газовом потоке высокой турбулентности.

5.3. Физические основы агломерации

В практике рекуперационной технологии твердых отходов большое распространение имеют методы, связанные с решением задач агломерации (укрупнения) мелкодисперсных частиц вторичных материальных ресурсов (ВМР), имеющие как самостоятельное, так и вспомогательное значение и объединяющие различные приемы гранулирования, таблетирования, брикетирования.

При процессе агломерации гомогенизируется форма частиц материала, за счет чего упрощаются последующая транспортировка и дозирование. Существуют различные виды процессов агломерации (рис. 5.4).

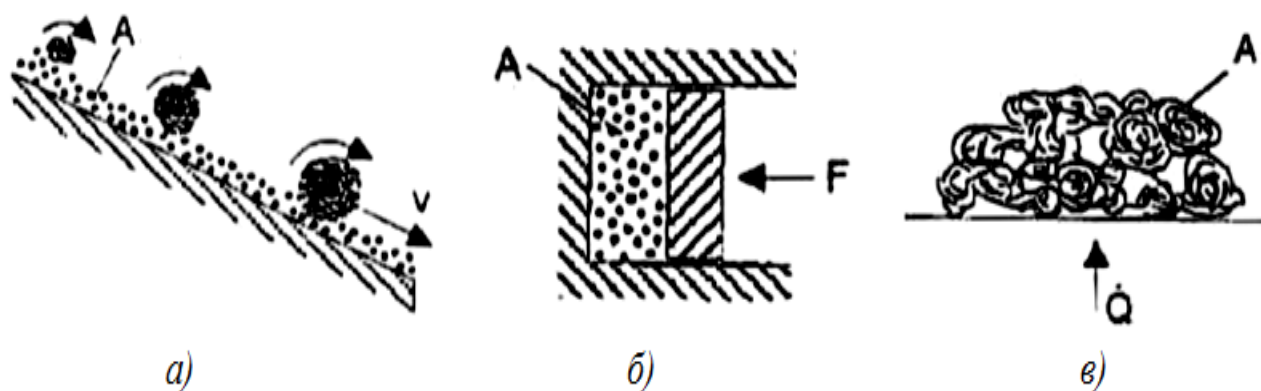


Рис. 5.4. Принципы агломерации частиц

- а) Процесс общей агломерации б) Процесс прессовой агломерации в) Процесс термической агломерации

Их используют при переработке в строительные материалы ряда компонентов отвальных пород добычи многих полезных ископаемых, хвостов обогащения углей и золы – уноса ТЭС, в процессах утилизации фосфогипса в сельском хозяйстве и цементной промышленности, при подготовке к переплаву мелкокусковых и дисперсных отходов черных и цветных металлов, в процессах утилизации пластмасс, саж, пылей и

древесной мелочи, при обработке шлаковых расплавов в металлургических производствах и во многих других процессах утилизации и переработки ВМР.

Таблетирование представляет собой процесс получения методом прессования компактных изделий или полуфабрикатов в виде таблеток или брикетов из сыпучих или волокнистых материалов.

В химической промышленности материалы в таблетированном виде (таблетки) являются либо товарной продукцией, либо промежуточным продуктом производства, который подвергается последующей переработке.

Использование сыпучего и волокнистого материала в таблетированном виде в качестве полуфабрикатов не только позволяет интенсифицировать технологические процессы, но иногда является единственно возможным технологическим приемом, позволяющим осуществить эти процессы.

Применение таблеток позволяет снизить себестоимость изделий благодаря сокращению трудоемкой операции весового дозирования порошков, повысить производительность прессового оборудования, улучшить качество изделий и условий труда: при таблетировании значительно уменьшается объем пресс-материала (для пресс-порошка примерно в два раза, для волокнистых пресс-материалов – в 10 и более раз) и соответственно уменьшается объем загрузочных камер пресс-форм и ход рабочих органов прессов, что сокращает продолжительность технологического цикла прессования. *В таблетированных пресс-материалах снижается содержание воздуха и увеличивается теплопроводность по сравнению с порошковыми, что позволяет сократить продолжительность подогрева и прессования таблеток при изготовлении изделий.*

В сфере обращения с отходами таблетирование применяют при производстве из некоторых видов отходов адсорбентов, а также для повышения эффективности сжигания.

Брикетирование. Брикетирование – окускование при давлениях прессования от 15,0 до 150,0 МПа применяется для переработки разнообразных зернистых материалов дисперсностью до 10 мм. Имеется многолетний практический опыт при производстве угле- и торфобрикетов. Брикетирование дисперсных материалов проводят без связующего при давлениях прессования, превышающего 80 МПа и с добавками связующих при давлениях обычно ограниченных 15 ... 25 МПа. На процесс брикетирования дисперсных материалов существенное влияние оказывают состав, влажность и крупность материала, температура, удельное давление и продолжительность прессования. Перед брикетированием материал обычно подвергают

грохочению (классификации), дроблению (при необходимости), сушке, охлаждению и другим подготовительным операциям.

Методы брикетирования находят широкое применение в практике утилизации твердых отходов в качестве подготовительных (с целью придания отходам компактности, обеспечивающей лучшие условия транспортировки, хранения, а часто и саму возможность переработки) и самостоятельных (изготовление товарных продуктов) операций.



Рис. 5.5. Пресс для брикетирования древесных отходов и продукция брикетирования

С точки зрения переработки вторичных ресурсов и рационального использования сырья брикетирование позволяет:

- использовать мелкозернистые и слабоструктурные минеральные ресурсы; утилизировать отходы, полученные в процессе добычи и переработки сырья, превращая их в товарный продукт; расширить сырьевую базу за счет вовлечения в технологические процессы ранее не используемые материалы; повысить производительность агрегатов, перерабатывающих брикеты, за счет однородности брикетов и наличия необходимых для процесса компонентов в одном куске (брикете);
- перевести технологические схемы предприятий на замкнутый цикл за счет комплексного использования сырья и отходов;
- снизить, а в некоторых случаях и исключить, загрязнение окружающей среды (рек, полей, воздушного бассейна); сократить вырубку лесов, расходуемых на производство угля, за счет окускования отходов деревообработки.

Гранулирование – это совокупность физических и физикохимических процессов, обеспечивающих формирование частиц определенного спектра размеров, формы, необходимой структуры и физических свойств. Этот процесс – один из наиболее многообразных и широко применяемых в химической, пищевой, фармацевтической, металлургической и других отраслях промышленности.

Гранулирование проводят с целью улучшения качества как промежуточных, так и готовых продуктов. Показатели качества зависят от специфики продукта и его назначения. В общем случае гранулирование позволяет:

- существенно уменьшить склонность продукта к слеживанию, а следовательно, упростить хранение, транспортирование и дозирование;
- повысить сыпучесть при одновременном устранении пылимости и тем самым улучшить условия труда в сферах производства, обращения и использования. Наряду с этим гранулирование открывает возможность гомогенизировать смесь в отношении физико-химических свойств;
- увеличивать поверхность тепломассообмена;
- регулировать структуру гранул и связанных с ней свойства.

Все это способствует интенсификации процессов, в которых используются гранулированные продукты, повышению производительности труда и культуры производства.

Методы гранулирования охватывают большую группу процессов формирования агрегатов обычно шарообразной или цилиндрической формы из порошков, паст, расплавов или растворов перерабатываемых материалов. Эти процессы основаны на различных приемах обработки материалов.

В общем случае гранулирование включает следующие технологические стадии переработки:

- подготовку исходного сырья, дозирование, смешение компонентов;
- собственно гранулообразование (агломерация, наслаивание, кристаллизация, уплотнение, и др.);
- стабилизацию структуры (упрочнение связей между частицами сушкой, охлаждением, полимеризацией и др.);
- выделение товарной фракции (классификация по размерам, дробление крупных частиц).

5.4. Физические основы классификации и сортировки отходов

Перед переработкой отходы необходимо разделять по составу и крупности. Для разделения материальных потоков используются классификация и сортировка (рис. 5.6)

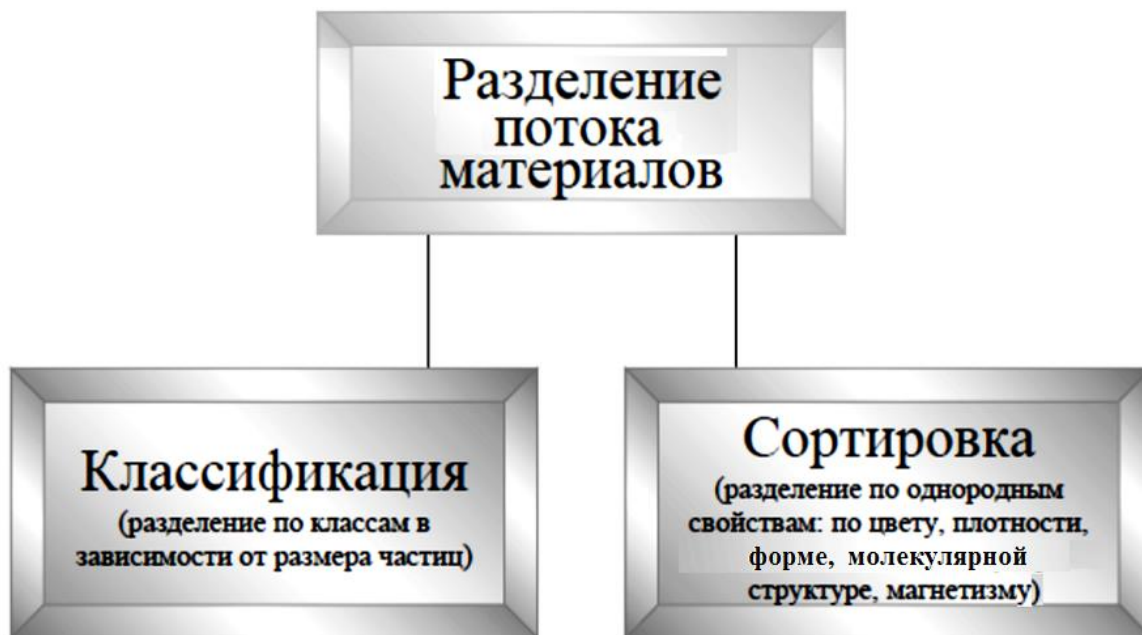


Рис. 5.6. Схема сходства и различия процессов классификации и сортировки

5.4.1. Классификация и её разновидности

Классификацией называется процесс разделения сыпучих материалов по крупности кусков или частиц. Существует три вида классификации: механическая (грохочение), пневматическая (сепарация) и гидравлическая (гидроциклонирование). Часто применяется грохочение (разделение просеиванием через разделительную перегородку) и сепарация (разделение за счет различных скоростей движения частиц в воздушном потоке). На рис. 5.7 приведена схема классификации материала при помощи неподвижного сита.

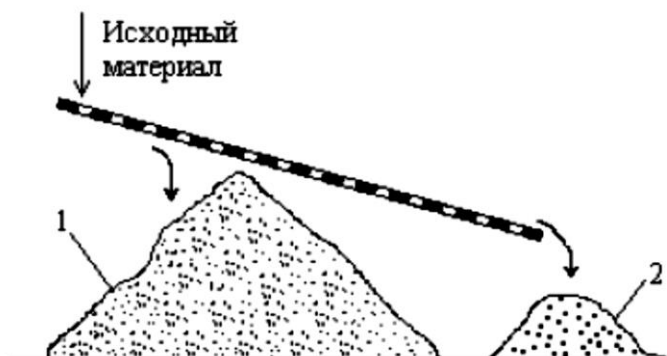


Рис. 5.7. Классификация материала через неподвижное сито

Исходный материал поступает на верхнюю часть сита и перемещается по его наклонной поверхности под действием силы тяжести. Мелкие частицы просеиваются сквозь отверстия сетки, образуя подрешетный (нижний) класс 1. Крупные частицы скатываются по поверхности сита и образуют надрешетный (верхний) класс 2.

Процесс классификации происходит при двух условиях: перемещение материала по поверхности сита и перемешивании материала при движении по ситам, чтобы крупные частицы не преграждали путь к отверстиям сита мелким частицам. При движении по поверхности сита не все мелкие частицы проходят сквозь отверстия. Чем более совершенен процесс грохочения, тем меньше мелких частиц попадает в надрешетный класс. Качество процесса грохочения оценивают эффективностью грохочения E , под которой понимают выраженное в процентах или долях единицы отношение массы продукта, прошедшего сквозь сито, к массе нижнего класса в исходном материале.

5.4.2. Оборудование для классификации отходов

В качестве просеивающих элементов используют листовые сита (решета), сетки, струны и колосниковые решетки.

Для грохочения используют чаще всего листовые сита с отверстиями размеров 10 ... 80 мм. При больших размерах отверстий обычно устанавливают колосниковые решетки, при меньших – проволочные сетки. Преимущества листовых сит: прочность, жесткость и продолжительный срок службы. Для грохочения абразивных материалов применяются листовые сита из резины или полиуретана с квадратными или прямоугольными отверстиями. По данным промышленной эксплуатации срок службы резиновых и полиуретановых сит более чем на порядок превышает срок службы металлических листовых сит.

Различные типы грохотов показаны на рис. 5.8.

К конструкциям просеивающих элементов предъявляют требование обеспечения наибольшей световой площади. Плетеные проволочные сита имеют большую световую проводимость, чем сита листовые. К проволочным ситам предъявляются следующие дополнительные требования: форма изгиба проволок должна обеспечить точность размеров отверстий и их неизменность при грохочении; сито должно быть коррозионно- и износостойким.

Для классификации крупнокускового материала применяют колосниковую решетку (рис. 5.8, *з*). Для увеличения срока службы колосники часто изготавливают из износостойкой стали.

Простейшими по устройству являются сита струнного типа, состоящие из ряда параллельно расположенных натянутых проволок.

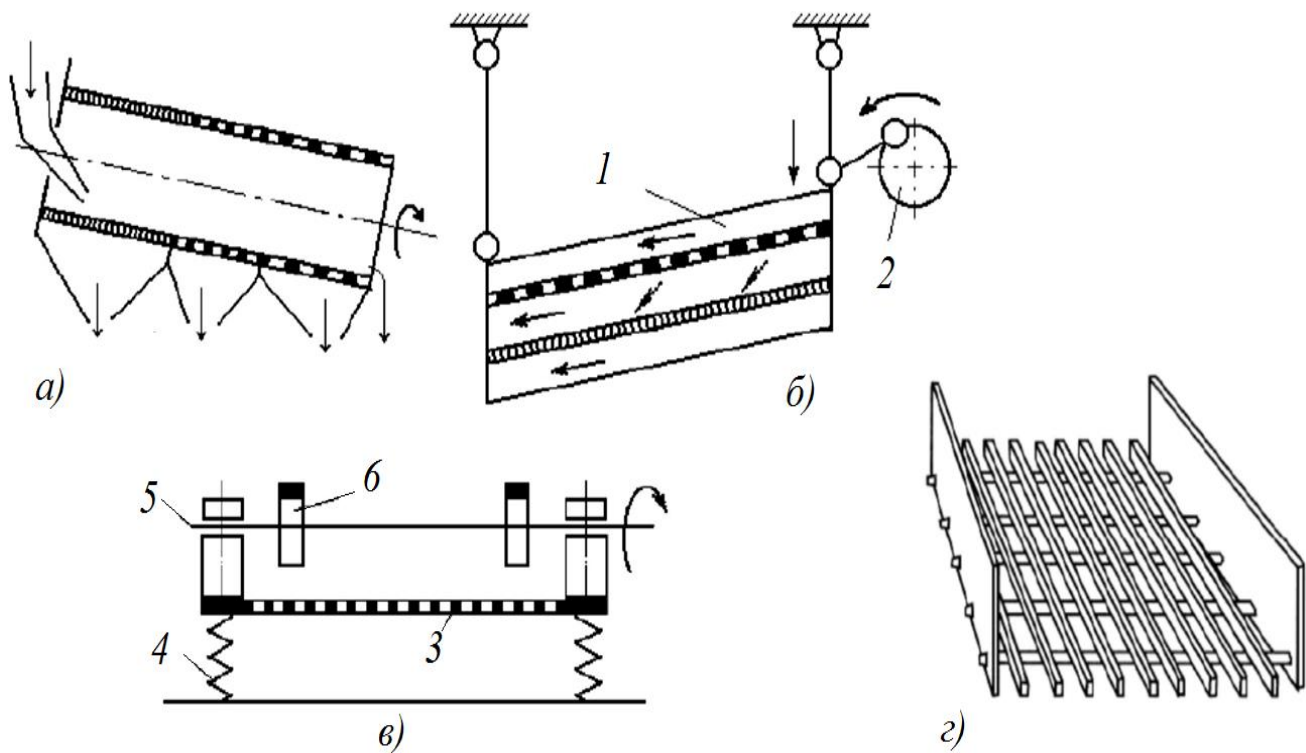


Рис 5.8. Схемы грохотов:

а – барабанный, б – плоский, в – инерционный;

г – неподвижный колосниковый грохот

1 – короб; 2 – кривошипно-шатунный механизм; 3 – сито; 4 – пружины; 5 – вал;

б – дебаланс

Барабанный грохот (рис. 5.8, а и 5.9) представляет собой сортировочную сетку в виде барабана, вращающуюся вокруг оси и составляющую небольшой угол с горизонталью.

Плоский качающийся грохот (рис. 5.8, б) может подвешиваться к перекрытию, а также устанавливаться на фундаменте, на рессорах или цилиндрических пружинах. Короб 1 грохота с размещенными внутри ситами совершает практически горизонтальные колебания под действием кривошипно-шатунного механизма 2. Материал перемещается толчками вниз и вверх с преимущественным движением в сторону уклона. В настоящее время плоские качающиеся грохоты из-за малой производительности, громоздкости, большого удельного расхода энергии и низкой эффективности грохочения (не более 70 ... 80 %) практически не применяют.

Инерционный грохот (рис. 5.8, в) состоит из сита 3, установленного на пружинах 4, и вращающегося вала 5 с дебалансами 6. Траектория движения сита – эллипс, близкий к

окружности. Для инерционного грохота характерно отсутствие строгой кинематической определенности траектории движения сита. Траектория определяется такими факторами как величина, направление и частота колебаний вынуждающей силы, масса движущихся частей и жесткость упругих элементов. В зависимости от направления вынуждающей силы колебания сита могут быть близки к круговым или линейным.



Рис. 5.9. просеивание ТБО на барабанном грохоте

5.4.3. Воздушная сепарация

Воздушная сепарация – разделение твердых полидисперсных систем на фракции по скорости осаждения частиц разной крупности (с преимущественным размером менее 2-3 мм, реже – до 13 мм) под действием центробежно-гравитационных сил в горизонтальном или восходящем потоке воздуха. Сепарация воздушная подчиняется общим законам осаждения твердых тел, как и классификация гидравлическая, однако существенно от нее отличается. Поскольку сопротивление воздуха движению твердых частиц значительно меньше сопротивления воды, частицы осаждаются в воздухе во много раз быстрее, чем в воде.

Воздушные сепараторы позволяют отделить легкие фракции от тяжелых в дробленом бытовом мусоре. Такой способ применяется, например, в Финляндии.

Разделение смеси сыпучих материалов на классы в воздушных сепараторах происходит вследствие различного действия сил тяжести и сил аэродинамического

сопротивления на частицы разных размеров и, следовательно, большей скорости движения, приобретаемой крупными частицами. На рис. 5.10 показаны три характерные зоны разделения сепараторов. Направление движения частиц в вертикальном газовом потоке (рис. 5.10, а) зависит от соотношения сил аэродинамической и тяжести, действующих на частицу.

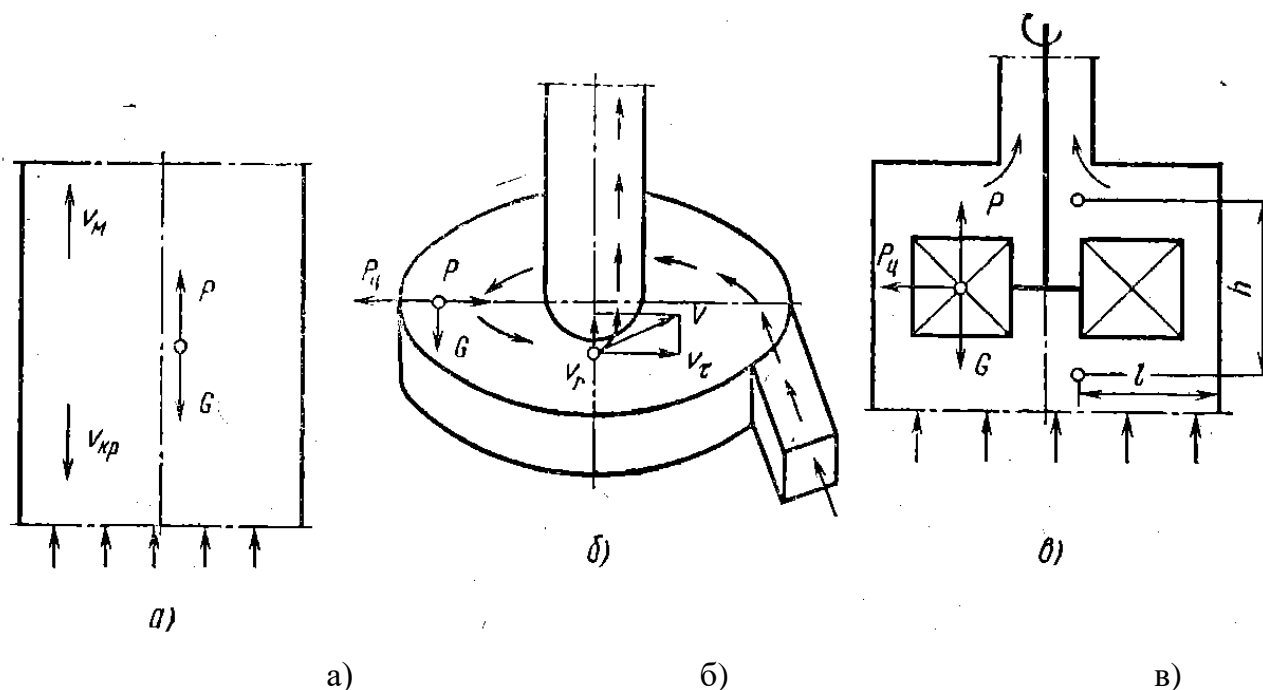


Рис. 5.10. Зоны разделения сепараторов

а – вертикально-проточная; б – противоточно-центробежная; в – центробежная поперечно-поточная

При равенстве действующей на частицу аэродинамической силы газа P и силы тяжести G , частица зависает (витают) в потоке газа. Размер такой частицы является «границей» разделения смеси. Более мелкие частицы уносятся потоком газа со скоростью v_m , а более крупные – выпадают со скоростью $v_{кр}$. В противоточно-центробежной зоне разделения (рис. 5.10, б) газ движется по спирали. Мелкие частицы, для которых аэродинамическая сила газа P больше центробежной силы P_c , движутся к центру, а крупные – к периферии. Условия равновесия частиц граничного размера $P_c = P$.

В центробежной поперечно-поточной зоне разделения (рис. 5.10, в) на частицу действуют центробежная сила P_c , аэродинамическая сила газа P , направленная вверх, и сила тяжести G . Крупные частицы, на которые преобладающее влияние оказывают центробежные силы, движутся в горизонтальном направлении к периферии и при касании стенки, потеряв скорость, оседают. Мелкие частицы выносятся потоком вверх.

В настоящее время в промышленности применяют сепараторы двух основных типов: воздушно-проходные, в которых вихревое движение создается воздушным потоком, и циркулярные, снабженные вращающимися лопастями.

Регулируя скорость потока, можно варьировать размер выносимых частиц. Воздушные сепараторы широко применяют в помольных устройствах производства фосфоритной муки, извести, пигментов. При использовании горячих газов в них можно совмещать сортировку с сушкой материалов. В реальных условиях работы сепараторов точное разделение частиц по заданному размеру невозможно, так как невозможно обеспечить идеально стабильный режим их работы. Скорость движения частиц непрерывно колеблется из-за изменения концентрации частиц, их размеров и пр. Вследствие этого мелкий класс (фракция) загрязняется крупными частицами, а крупный – мелкими.

Эффективность сортирования

$$E = (m / m_0) \cdot 100 \%,$$

где m и m_0 – масса мелкого продукта соответственно после сепаратора и в исходном материале.

Засоренность продукта

$$kз = [(m_1 - m_2) / m_1] \cdot 100 \%,$$

где m_1 и m_2 – масса пробы продукта соответственно после сепаратора и после отсева мелкой фракции.

В производственных условиях эффективность разделения составляет 67...80 %, а засоренность 60...70 %.

5.4.4. Конструкции воздушных сепараторов

Для разделения по крупности продуктов сухого измельчения используют аппараты циклонного типа – воздушно-центробежные (рис. 5.11) и воздушно-проходные сепараторы (рис. 5.12), обеспечивающие разделение перерабатываемых материалов соответственно на границе примерно 15-60 и 150-200 мкм.

Для выделения из потока отходов легких летучих фракций используются пневматические сепараторы (рис. 5.13). Преимущества пневматических сортировочных установок заключаются в том, что эти компактные и закрытые конструкции способны разделять различные материалы с разными значениями плотности и размера (отделение пластмассы и бумаги от компоста и т.д.), выделять фракции размером до 600 мм.

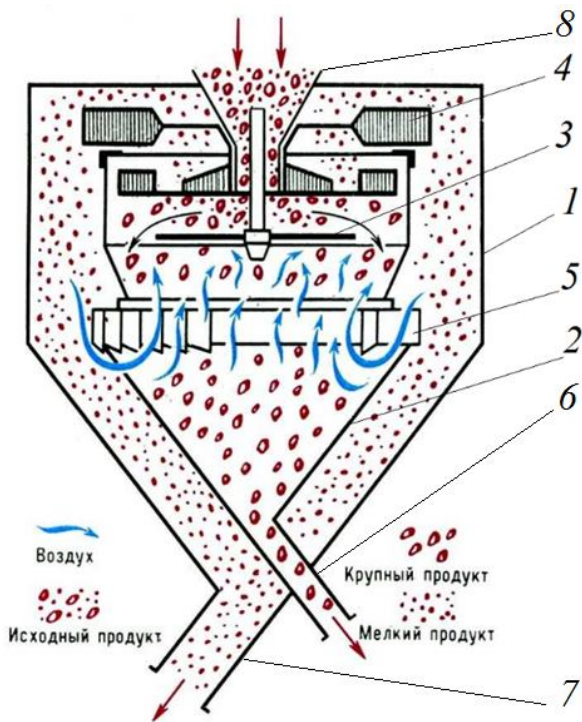


Рис. 5.11. Воздушно-центробежный сепаратор

1 - корпус; 2 - внутренний конус; 3 - распределительный диск; 4- вентилятор; 5 - заслонка; 6, 7 - патрубки для удаления крупных и мелких частиц соответственно; 8 - воронка

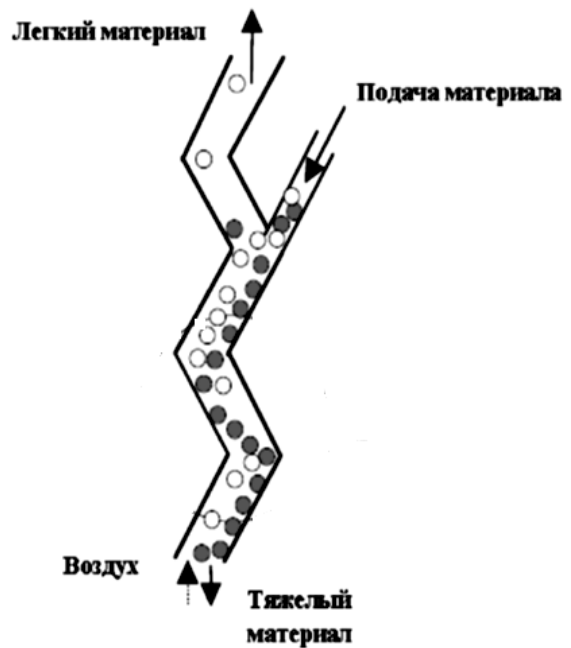


Рис. 5.12. Принцип работы схемы многофракционного классификатора («Zick-Zack» зигзагообразного сепаратора

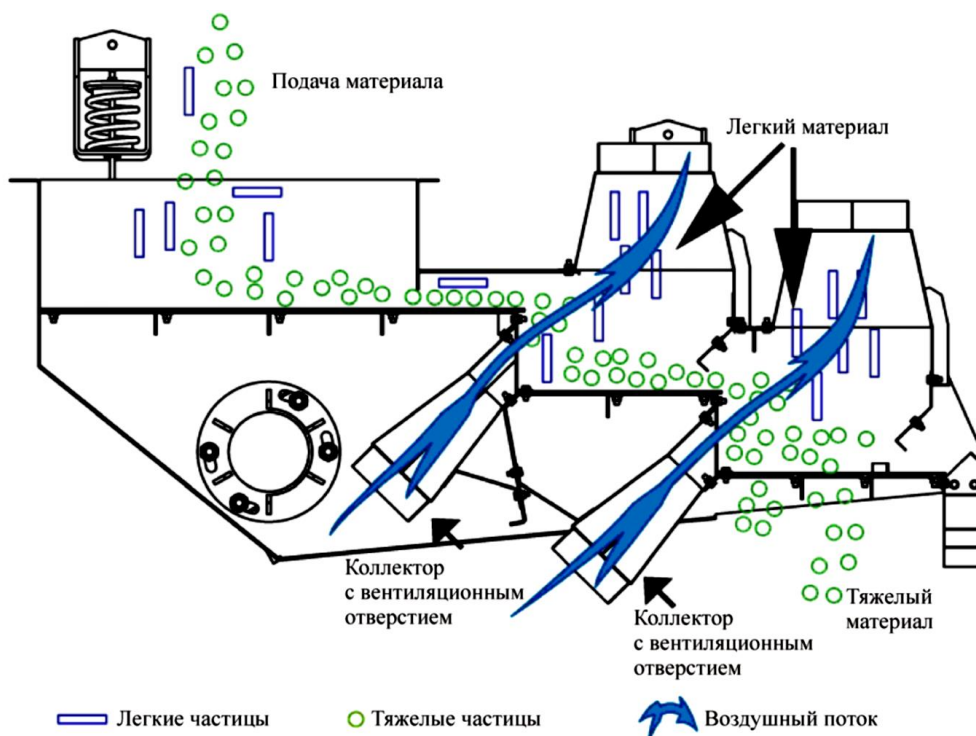


Рис. 5.13. Схема работы пневматической сортировочной установки

Производительность этих установок находится в диапазоне от 20 до 130 т/ч. Гибкость пневматической сортировочной установки делает возможной обработку различных материалов на одной и той же установке. Также к достоинствам этих установок можно отнести низкий уровень шума, низкое потребление энергии, низкие расходы на техническое обслуживание и легкость наладки. Данные установки бывают стационарными, полупередвижными и передвижными.

5.4.5. Гидравлическая классификация (гидроциклонирование)

Гидравлическая классификация – разделение твердых полидисперсных систем или суспензий (в т. ч. пульпы) на фракции по крупности или плотности частиц с близкой скоростью движения в горизонтальном либо восходящем потоке жидкости (обычно воды). Применяется для разделения частиц с размером менее 2-3 мм (реже до 13 мм). При свободном движении частиц происходит их наиболее полное разделение, которое производится под действием сил тяжести в гравитационных классификаторах. Скорость потока поддерживается такой, что частицы меньше определенного размера (верхний продукт, или слив), не успевая осесть, выносятся в виде взвеси из аппарата, а частицы большего размера (нижний продукт, или пески) осаждаются в нем.

Как и воздушные сепараторы, гидравлические классификаторы по характеру действующих сил можно разделить на гравитационные и центробежные. Центробежные классификаторы (гидроциклоны и центрифуги), значительно более производительные и компактные, по устройству аналогичны аппаратам для пылеулавливания и очистки сточных вод.

Различают классификаторы с самотечной (например, многосекционные, конусные) либо принудительной (например, отстойники, спиральные, речные, чашевые) выгрузкой целевых фракций.

Принцип работы гидравлических классификаторов гравитационного действия основан на том, что пульпа поступает в емкости той или иной формы (корыто, чан), в которых крупные частицы (пески) оседают, а тонкие (шламы) уходят через борт емкости (слив). Разделение на слив и пески можно производить как в горизонтальном, так и в вертикальном потоках.

Гидроциклонирование широко применяется, когда вместе с классификацией требуется произвести процесс промывки. Помимо этого, преимущество гидроциклонов состоит в том, что они могут отделять частицы размером до 5 мкм. По конструктивным особенностям все гидроциклоны можно разделить на следующие группы: конические, батарейные, трехпродуктовые, цилиндрические, винтовые, турбоциклоны (центрициклоны).

5.4.6. Оборудование для гидравлической классификации

Гидроциклон (рис. 5.14) представляет собой аппарат состоящий из цилиндрической части 1, к которой снизу примыкает широким основанием коническая часть 7, а сверху крепится промежуточная сливная камера 3 с патрубком 2 для отвода верхнего продукта. Между цилиндрической частью и сливной камерой устанавливается диафрагма 4 с патрубком 6, а в нижней части конуса закрепляются сменные насадки 8. Движущихся частей в гидроциклоне нет. Обычно гидроциклон устанавливают вертикально "вершиной конуса вниз", но он может быть также установлен и горизонтально или наклонно.

Исходная смесь поступает под давлением через входной патрубок 5 тангенциально в верхнюю часть цилиндра и приобретает круговое движение. При этом возникают значительные центробежные силы, превышающие в десятки и сотни раз силу тяжести, под действием которых более тяжелая фаза движется от оси гидроциклона к его стенкам по спиральной траектории вниз и через нижнюю насадку выбрасывается из гидроциклона. Более легкая фаза движется во внутреннем спиральном потоке, направленном вверх, и выбрасывается из гидроциклона через патрубок для отвода верхнего продукта. Вдоль оси гидроциклона образуется воздушный столб, имеющий важное значение для разделяющего действия гидроциклона.

Многосекционные классификаторы (рис. 5.15) состоят из корпуса, расширяющегося по ходу потока, и ряда конических сборников, снабженных мешалками и ячейковыми выгрузателями.

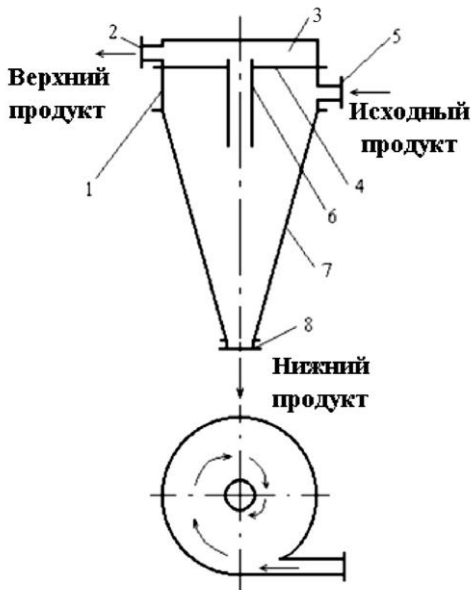


Рис. 5.14. Конический гидроциклон

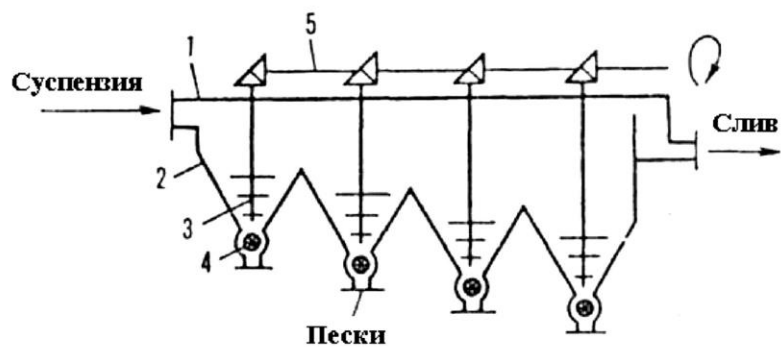


Рис. 5.15. Многосекционный классификатор
1 - корпус; 2 - сборник; 3 - мешалки; 4 - выгрузатель; 5 - привод

Разделяемая суспензия постепенно теряет скорость, поэтому по направлению ее движения оседают сначала наиболее крупные частицы, а затем все более мелкие; самая мелкая фракция уносится потоком и отделяется от жидкости на фильтре.

Различные по размеру фракции нижнего продукта выводятся из аппарата при медленном перемешивании с помощью выгрузателей. В классификаторах этого типа материал можно разделить на число фракций, равное числу секций $n+1$, т.е. с учетом фракции, идущей в слив.

5.4.7. Физические основы сортировки

Сортировка-селекция предназначена для селекции одного или нескольких определенных компонентов из сыпучего материала несмотря на то, что он может содержать много компонентов. Выбор производится по определенным физическим свойствам компонента, которые делают его отличным от других компонентов, например по плотности материала или его магнитным свойствам.

Цели сортировки:

- Обогащение ценных материалов при обогащении руды и угольной подготовке
- Удаление мешающих материалов и вредных составных частей при подготовке от первичных видов сырья в строительной промышленности и соответственно при переработке строительных отходов
- Отделение компонентов, занесенных в смеси строительного мусора.

Предпосылки для проведения сортировки:

- Компоненты должны быть отделены друг от друга.
- Отделяемый компонент должен, по меньшей мере, иметь отличный от других компонентов признак или характеристику.
- Сам признак или характеристика должны быть подходящими для процесса сортировки или компонент должен иметь какое-то физическое свойство, которое можно использовать для сортировки.

На рис. 5.16 показана смесь компонентов, которая состоит из строительных отходов, которые были измельчены. В процессе сортировки кусочки материала, состоящие из бетона, должны быть отделены от природного камня и кирпича. Данные компоненты отличаются по плотности и формам. Для разделения бетона от природного камня используют такое свойство как плотность, а для разделения бетона и кирпича можно использовать плотность или форму. Достигнутая избирательность будет ниже при использовании плотности, чем при сортировке по форме компонентов.

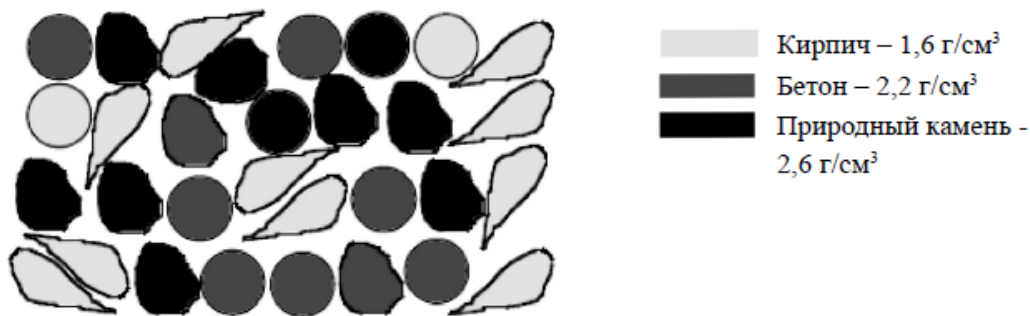


Рис. 5.16. Пример для отличительных признаков смеси компонентов

Процессы при сортировке

- **Транспорт:** многокомпонентный материальный поток транспортируется при помощи силы тяжести, силы течения или конструктивных элементов сортировочной машины, таким образом, чтобы было достигнуто достаточное разделение потока материалов.

- **Отбор:** компонент, который показывает необходимый признак, должен быть распознан в материальном потоке.

- **Отделение:** компонент с желаемым признаком для сортировки должен быть отделен.

- **Обогащение:** обычно является подготовительной (промежуточной) между основными технологиями переработки твердых материалов и отходов и их глубокой механической, химической и физико-химической переработкой с получением конечной товарной продукции.

С целью улучшения качества твердых отходов как вторичного исходного сырья и показателей его последующей глубокой переработки прибегают к их обогащению. Оно позволяет отделить значительную часть пустой породы и примесей, повысив в сырье и отходах концентрацию ценных компонентов.

Химический состав минеральной части при этом обычно не изменяется в отличие от последующих процессов переработки, в которых минеральные компоненты отходов претерпевают коренные химические и физические превращения.

Содержание ценных компонентов в сырье и отходах в ряде случаев может увеличиться весьма значительно. Поэтому обогащение твердых отходов существенно повышает техническую и экономическую эффективность их использования, улучшает качество готовой продукции, ведет к сокращению транспортных расходов и в целом повышает эффективность природоохранных технологий.

В результате обогащения твердых отходов (сортировки) получают несколько продуктов: концентраты, хвосты и промежуточные продукты.

Концентраты – продукты обогащения, в которых содержание полезных компонентов выше, а вредных примесей ниже, чем в исходном сырье. Концентраты получают название по преобладающему в них ценному компоненту, например: железорудные, угольные, пиритные и т.д.

Хвосты – продукты обогащения, в которые переходят пустая порода, вредные примеси и часть полезных компонентов отходов. Хвосты как отходы конкретного технологического цикла могут быть в ряде случаев использованы в других отраслях производства в качестве исходного сырья. Так, хвосты обогащения руд черных и цветных металлов, в зависимости от химического и гранулометрического состава, могут быть использованы как щебень, песок, мелкие и крупные заполнители при производстве бетона, для получения керамики, других строительных материалов.

Промежуточные продукты имеют содержание основных компонентов меньшее, чем в концентрате, но большее, чем в исходных отходах. Их качество всегда ниже требований к концентратам и выше допустимого для хвостов. При малых количествах, качестве, близком к концентратам или хвостам, и при экономической нецелесообразности дополнительной переработки промежуточные продукты объединяют с концентратами или хвостами. В ряде случаев промежуточные продукты подвергают дополнительному обогащению с целью разделения на кондиционные концентраты и хвосты.

Выборка (сортировка) является одним из методов сортировочного анализа, в котором критерии сортировки проверяются для каждого отдельного материала (поштучно). Процесс можно разделить на 2 шага: *определение* и *изъятие* материала. Способы идентификации материала бывают ручные и автоматические.

Ручная выборка (сортировка)

Ручная сортировка сегодня представляет собой надежный метод по целенаправленному отделению вторичных материалов хорошего состояния из смеси отходов. Из ТБО и отходов учреждений и организаций можно получать многоцветные и смешанные фракции стекла, отдельные сорта макулатуры, цветные пластики и т.д. и удалять из смеси опасные компоненты или инородные вещества.

Ручная сортировка происходит следующим образом: с двух сторон ленточного конвейера оборудованы 6-12 рабочих мест, человеческий глаз играет роль датчика в этом процессе. Каждый сортировщик отбирает с движущегося ленточного конвейера свой вид отходов и направляет их через бункер сброса отобранного материала в контейнер, расположенный под пунктом сортировки. Результат зависит от числа рабочих и их навыков. Так выделяется стекло, металл, пленки, бутылки, бумага и картон.

Так как ручная сортировка является экономически затратным методом, то необходимо, по возможности, заменять ручную сортировку механизированными процессами сортировки ТБО. При использовании механизированных процессов, например, материалы мелкой фракции удаляются ситами и, таким образом, повышается продуктивность ручной сортировки. Магнитная сепарация, воздухоотдувка, просеивающие машины используются с целью облегчения ручной сортировки и повышения качества отсортированного материала. Различают отрицательную и положительную сортировку.

При *положительной сортировке* ценный материал целенаправленно изымается из потока материалов (отходов) и вручную бросается в соответствующие шахты или бункера.

При *отрицательной сортировке* из общего материального потока выбираются на конвейерной ленте только мешающие и опасные, в то время как желаемая фракция остается на транспортной ленте (например, сортировка биоотходов). При отрицательной сортировке достижение высоких показателей производительности сортировки возможно при незначительном качестве. При положительной сортировке может быть достигнуто более высокое качество, тем не менее, при этом производительность сортировки существенно меньше. Предварительная сортировка вторичных ценных материалов на месте их образования значительно повышает производительность сортировки отходов.

Обзор методов сортировки. Наиважнейшие методы сортировки основываются на следующих физических свойствах: 1) плотности; 2) оптических свойствах; 3) электрических свойствах; 4) смачиваемости; 5) форме и размерах материалов; 6) магнитных свойствах. Классификация методов сортировки представлена в табл. 5.2.

Разделение по оптическим свойствам

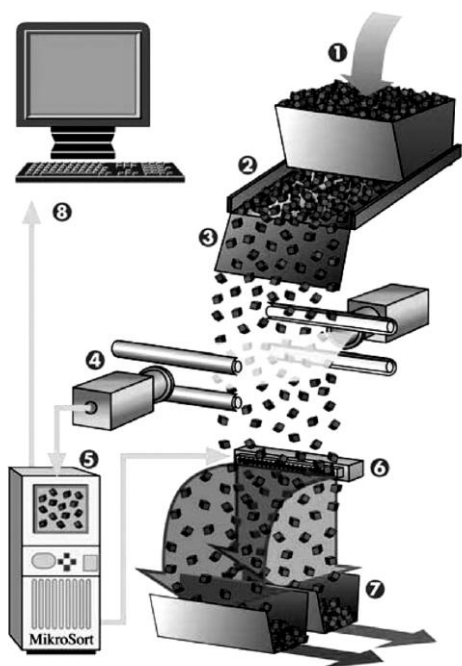
Автоматическая оптическая сортировка. В основе оборудования автоматической оптической сортировки лежит использование систем распознавания (идентификации) нужных компонентов по их специфическим химическим и/или физическим характеристикам (датчики и технологии сканирования) и систем выделения, которые позволяют извлекать различные материалы по команде системы распознавания (выдувать воздухом, захватывать, перемещать и т.п.). Такое автоматическое оборудование дает возможность извлекать компоненты с гораздо более высокой производительностью, идентифицировать и выделять материалы, не различимые глазом человека. Для идентификации немагнитных и неметаллических материалов большое распространение получили датчики, работающие с проникающим или отраженным излучением в разных диапазонах длин волн.

Методы сортировки

Сухие методы сортировки	Мокрые методы сортировки
<p><i>Разделение по плотности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Воздушная сепарация • Воздушная отсадка¹³ 	<p><i>Разделение по плотности (гравитация)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Разделение в тяжелых средах • Разделение в восходящем потоке • Отсадка • Микроскопическая (тонкослойная) сортировка
<p><i>Разделение по оптическим свойствам</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Электрооптическая сортировка (по цвету) • Ручная выборка 	<p><i>Разделение по смачиваемости</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • флотация
<p><i>Разделение по магнитным свойствам</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Магнитная сепарация • Разделение в вихревом токе 	

Оптическая сортировка (по цвету)

Для автоматической оптической идентификации используются специально установленный датчик или цветная телекамера. Характерные данные объектов определяются с помощью обработки изображения или сигнала и сравниваются с хранящимся эталоном. Сортировка может проводиться по цвету, форме и состоянию поверхности. При распознании объект отбрасывается на соответствующий конвейер встроенным манипулятором с механическим или пневматическим приводом.



Материал расчленяется на вибрационном конвейере и подаётся на жёлоб (рис. 5.17).

Рис. 5.17. Принцип действия оптической сортировки отходов (материала)

1 – загрузка материала; 2 – распределение и перемещение; 3 – ускорение и расчленение; 4 – зондирование потока материала различными оптическими системами; 5 – анализ с помощью скоростной технологии параллельного процессора; 6 – разделение посредством высокоточных пневматических импульсов; 7 – отведение разделённых потоков продукта; 8 – подключение к заводской сети

¹³ Отсадка — процесс гравитационного обогащения полезных ископаемых, который базируется на разделении зернистого материала по плотности в вертикальном пульсирующем потоке воды или сжатого воздуха знакопеременной скорости.

На нём материал ускоряется и под кромкой жёлоба в свободном падении „сканируется“ по всей рабочей ширине одной или несколькими цветными строчными камерами высокого разрешения. Эти сканированные изображения анализируются параллельным компьютером, и в течение миллисекунд сверхточно срабатывают пневмоклапаны, которые исключают из потока материала нежелательную часть.

Сортировка на основе спектроскопических свойств.

Из многочисленных методов спектральных исследований чаще всего используют инфракрасную и рентгеновскую спектроскопию. ИК-спектр полимера зависит от молекулярной структуры, что дает возможность идентифицировать материал. В комбинации с необходимым программным обеспечением *ИК-спектроскопия* позволяет осуществлять быстрый сбор данных, запись спектра в течение миллисекунд и идентификацию компонента смеси. После опознавания пластмасса отбрасывается в соответствующую емкость. Инфракрасная идентификация применяется на больших станциях по переработке отходов для распознавания до шести различных материалов. Датчики, работающие в средней инфракрасной области, используют на заводах по вторичной переработке автомобильных пластмассовых отходов. Они распознают до 30 различных полимерных материалов.

Рентгеновская спектроскопия основана на поглощении рентгеновского излучения атомами. Переходя из возбужденного состояния в стабильное атомы испускают характеристические длины волн, которые можно фиксировать. Рентгеновские датчики настраивают обычно на оптимальную чувствительность к одному элементу, например, хлору. Так можно отделить бутылки из поливинилхлорида (ПВХ) от бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ) и полиэтилена (ПЭ) (рис. 5.18). Деление двух последних полимеров с помощью этого метода невозможно. В этом случае рекомендуется использовать ИК-спектроскопию.

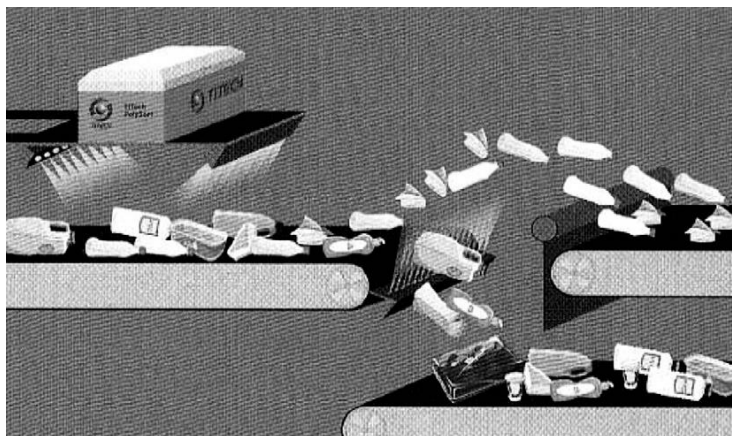


Рис. 5.18. Принцип сортировки ПЭТ-бутылок методом ИК-спектроскопии. «Nah-Infrarot-Detektoren»

Магнитная сепарация

В том случае, если отходы могут содержать металлические включения, их обычно пропускают через магнитный сепаратор (например, с движущейся лентой (рис. 5.19)). В магнитном поле, создаваемом с помощью электромагнитов, происходит отделение магнитных металлов от органической части отходов.

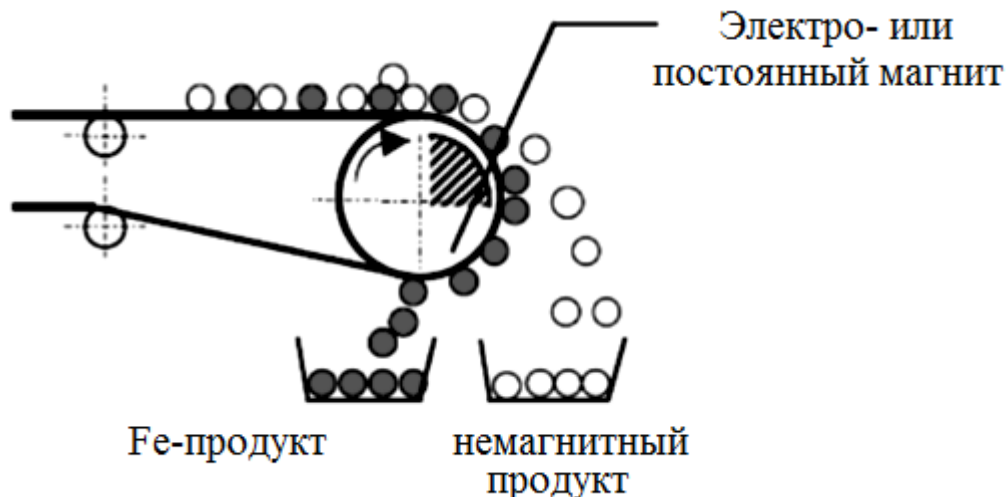


Рис. 5.19. Принцип магнитной сепарации

Магнитное обогащение основано на различном поведении минералов в постоянных магнитных или электромагнитных полях. Сила притяжения разных минералов к магнитам неодинакова. Наиболее магнитно чистое железо. Если силу его притяжения принять за 100, то для других сильномагнитных минералов она составит от 40 (магнетит) до 6,7 (ильменит, пирротин), для среднемагнитных - 0,40...1,82 (гематит, лимонит, сидерит и др.), а для слабомагнитных, к которым относится большинство минералов цветных металлов, не превысит 0,37 (кварц, пирит, доломит и т.п.). Поэтому в настоящее время магнитная сепарация является одним из основных методов обогащения руд черных металлов, особенно магнетитовых. Она применяется также для сортировки металлического лома, извлечения железной фракции из бытовых и промышленных отходов.

Аппараты для магнитного обогащения называют магнитными сепараторами. Их конструкции, предназначенные для крупнокусковых (120...150 мм) материалов, работают в воздушной среде, и обогащение в них называют сухой магнитной сепарацией. Сепараторы для мелких материалов (крупность менее 6...8 мм) используют для обогащения как в воздушной, так и в водной (мокрая магнитная сепарация) средах. Мокрая магнитная сепарация для мелких материалов дает лучшие результаты и имеет преимущественное применение, так как в этом случае исключается слипание фракций магнитных и немагнитных частиц между собой и подавляется пылевыделение.

Электрическая сепарация на основе вихревых токов

Электрическую сепарацию применяют для сыпучих материалов крупностью до 5 мм, переработка которых другими методами малоэффективна (компоненты близки по плотности, магнитным или другим физическими свойствам). В настоящее время ее используют для обогащения и доводки гравитационных концентратов руд черных и цветных металлов, в алмазной, стекольной, керамической промышленности, при обогащении углей, формовочных песков и в других случаях. Методами электрической сепарации обогащают только сухие материалы, поэтому данные способы особенно перспективны в маловодных районах.

Эти методы основаны на разнице в поведении заряженных частиц в электрическом поле или на заряженном электроде, обусловленной их различием в электропроводности. Как известно, все тела по электропроводности делятся на проводники тока, полупроводники и непроводники (диэлектрики). В случае движения по заряженному электроду в целом электронейтральные электропроводящие частицы отдают ему заряд противоположного знака и сохраняют одноименный с электродом заряд. Последнее приводит к отталкиванию частицы от электрода. Диэлектрик, напротив, взаимодействует с электродом частицами противоположного знака, прилипает к нему.

Обогащение по электрической проводимости осуществляется успешно (рис. 5.20), если компоненты минеральной смеси значительно отличаются один от другого этим свойством. Например., проводники (антрацит, галенит, магнетит и др.) хорошо отделяются от полупроводников (боксит, касситерит, сфалерит и др.) и непроводников (алмаз, апатит, кварц и др.).

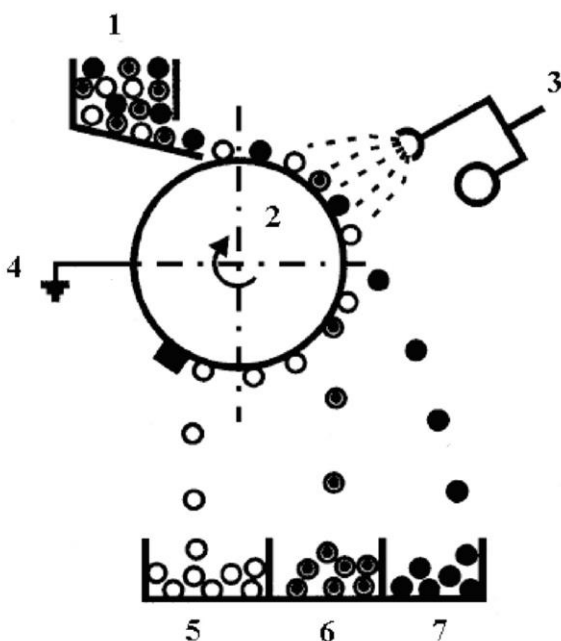


Рис. 5.20. Барабанный электростатический сепаратор на основе вихревых токов:

1 – бункер для исходного материала; 2 – заряженный барабан; 3 – цилиндрический электрод; 4 – устройство для очистки барабана; 5-7 – приемники соответственно для непроводников, полупроводников и проводников.

5.5. Автоматизированные системы сортировки ТБО в Европе

В Европе с начала 90-х годов прошлого века стали внедряться линии полностью автоматической сортировки отходов, которые позволяют значительно повысить эффективность отбора вторичного сырья. Работа автоматизированных технологий основана на распознавании компонентов ТБО с помощью рентгеновского или инфракрасного излучения. Кроме высокой производительности основным преимуществом таких систем является возможность распознавания конкретных материалов, например, определение различных видов пластиковых отходов, которые невозможно разделить при ручной сортировке.

Существует два типа систем, использующих рентгеновское излучение.

Действие систем первого типа основано на анализе характера прохождения лучей, а второго – на эффекте флуоресценции материала под действием рентгеновских лучей. В системе первого типа используются излучающее устройство и датчики, определяющие характеристики лучей, прошедших через материал. Важным преимуществом таких систем является то, что допускается наличие на отходах этикеток или загрязнений. Но если два предмета отходов из разных материалов окажутся слишком близко или склеятся, то будут удалены оба предмета. Таким образом, если система не может идентифицировать материалы предметов, то они будут удалены. Системы, в основе которых лежит эффект флуоресценции, предполагают, что датчик воспринимает отражённое излучение. Недостаток таких систем в том, что если предметы из ПЭТ загораживают предметы из ПВХ, то система не определяет последних. Датчик не распознает отходы из ПВХ и пропустит их дальше. Кроме того, предметы из ПЭТ не всегда правильно идентифицируются, если на них имеются этикетки или крышки. Во избежание «экранного» эффекта поступающие по транспортёру отходы должны быть подготовлены таким образом, чтобы каждый предмет мог быть «прочитан». Использование рентгеновского излучения предполагает обязательное применение систем защиты во избежание негативных воздействий на здоровье персонала.

Действие систем инфракрасного распознавания (оптического) основано на том, что каждый компонент ТБО реагирует на воздействие инфракрасного излучения индивидуально, что даёт возможность распознавать большое число полимеров, а кроме того, различать многослойные и композиционные структуры. Сенсор считывает изменение излучения после того, как оно проходит через слой отходов. Однако, если предметы из различных материалов оказываются спрессованы вместе, устройство не

может давать адекватную информацию, что ведёт к отсортировке конгломератов. Системы инфракрасного распознавания безопасны для персонала.

Примерами полностью автоматической сортировки отходов являются технологические линии производства Pellenc ST (Франция), RTT/STEINERT (Германия) и TITECH GmbH (Германия).

Автоматические системы сортировки Pellenc ST основаны на оптических технологиях. Определение материала происходит путем облучения потока ТБО светом с длинами волн, соответствующими видимому и инфракрасному диапазонам спектра, и последующего спектрального анализа отраженного от поверхности материала света. Отделение компонентов от общего потока осуществляется с помощью сжатого воздуха. Система способна делить сортируемые ТБО по материалу и по цвету не только на два, но и на три потока. Основана на использовании галогенных трубок и цилиндрического рефлектора, который создает светящуюся полосу на всей ширине конвейера.

Автоматическое оборудование фирмы PELLENC имеет разное назначение в соответствии с задачами сортировки.

1. Система, разделяющая ТБО на два потока (объёмные и плоские материалы).
2. Система, разделяющая ТБО на три потока (отделение пластмассы от общего потока и выделение из неё определённого компонента).
3. Система, направленная на разделение компонентов по цвету.

Оборудование фирмы PELLENC способно делить компоненты по химическому составу и по цвету. Основные направления использования:

- отделение от общего потока определённого компонента (бумага, пластик, металл, дерево и т.д.);
- разделение потока пластика на компоненты (ПЭТ, полипропилен (ПП), ПЭ, полиэтилен низкого давления (ПНД));
- очищение потока пластика от загрязняющих веществ.

Распознавание металлов осуществляется с помощью датчика металла, расположенного под конвейерной лентой системы сортировки.

Немецкая компания RTT/STEINERT производит автоматические системы сортировки на основе использования рентгеновского и инфракрасного излучения.

Рентгеновское излучение способствует распознаванию материалов независимо от их поверхности. Технология разделяет различные вещества на основе их атомной плотности и таким образом формирует потоки материалов различного типа. Технология разделения материалов с помощью электрического источника рентгеновских лучей используется в системе X-Ray, которая позволяет отделить легкие металлы от тяжелых,

ПВХ – от пластмассы, отходы древесины от камня, алюминиевые отливки от сплавов и рудных полезных ископаемых (рис. 5.21).

ТБО движутся по конвейеру тонким слоем. При прохождении через источник рентгеновского излучения они распознаются и классифицируются в доли секунды на основе параметров, запрограммированных в программном обеспечении системы. Импульсы от камеры рентгеновского излучения подаются к клапанам сжатого воздуха, и происходит разделение компонентов.

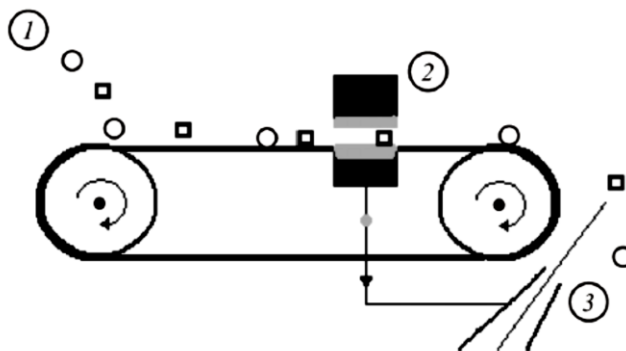


Рис. 5.21. Система с рентгеновским распознаванием материалов: 1 – входящий поток ТБО; 2 – камера рентгеновского излучения; 3 – клапан сжатого воздуха

Система UniSort компании RTT/STEINERT использует ближнее инфракрасное распознавание (рис. 5.22) и точно определяет компоненты размером до 4 мм. Система эффективно работает для отделения отдельных пластмасс из общего потока, смешанных пластиков из электронного лома.

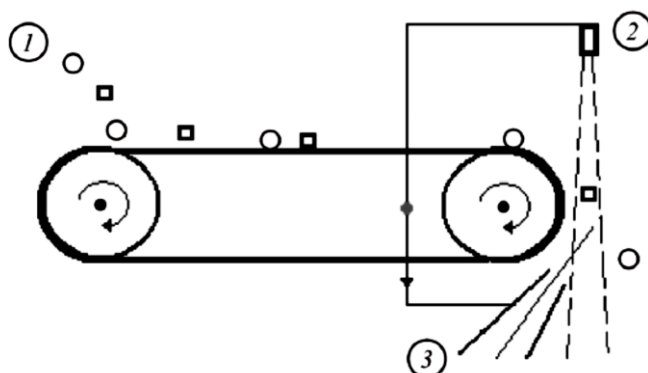


Рис. 5.22. Система с инфракрасным распознаванием материалов: 1 – входящий поток ТБО; 2 – датчик инфракрасного излучения; 3 – клапан сжатого воздуха

В данном случае ТБО также идут по конвейеру тонким слоем. При прохождении через источник инфракрасного излучения они распознаются и классифицируются в доли секунды на основе параметров, запрограммированных в программном обеспечении системы. Импульсы от датчика инфракрасного излучения подаются к клапанам сжатого воздуха, и происходит разделение компонентов.

Работа оборудования для сортировки ТБО немецкой компании TITECH основана на использовании технологии сканирования DUOLINE®. В зависимости от целей сортировки технология основывается на применении рентгеновского излучения или сенсоров длинноволновой ИК-области (NIR technology). Технология разделения материалов с помощью электрического источника рентгеновских лучей используется в системе TITECH x-tract, которая формирует широкополосное излучение в диапазоне от 80 до 160 кэВ. Это излучение проникает в обрабатываемый материал и после ослабления регистрируется камерой, оснащенной датчиком рентгеновского излучения DUOLINE® с двумя независимыми каналами различной спектральной чувствительности (рис. 5.23). Поступающее от камеры изображение анализируется с помощью высокоскоростного механизма обработки рентгеновских лучей TITECH. Это позволяет определять атомную плотность материалов независимо от их толщины.

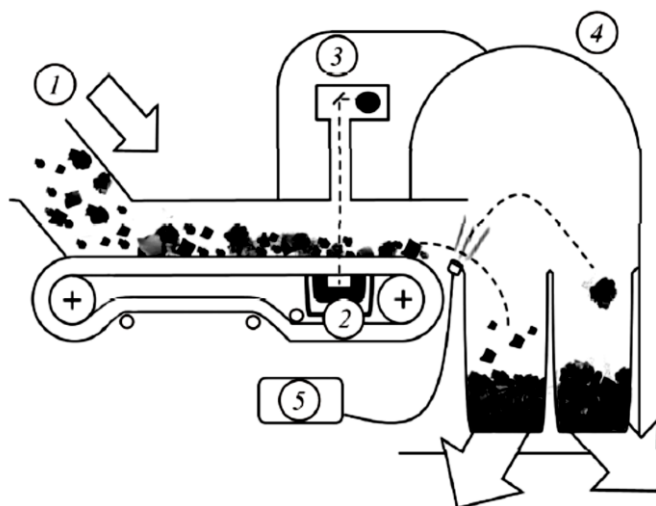


Рис. 5.23. Принцип работы автоматической системы сортировки ТБО: 1 – подача несортированного материала; 2 – датчик рентгеновского излучения; 3 – источник рентгеновского излучения; 4 – разделительная камера; 5 – баллон сжатого воздуха

Контрольные вопросы

1. Цель и задачи агломерации отходов:
2. Что такое классификация отходов? Её виды?
3. Начертите схемы различных грохотов и опишите их работу.
4. Какие виды сепарации вам известны?
5. Как работают воздушные и гидравлические сепараторы?
6. В чем заключается магнитная и оптическая сепарация?
7. Опишите автоматизированные линии для сепарации отходов.

ГЛАВА 6. ОСНОВЫ РЕЦИКЛИНГА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

6.1. Понятие о рециклинге

Рециклинг (или *рисайклинг*) — систематический возврат ценных материалов из отходов в материальный производственный замкнутый процесс для сбережения энергии и сырья.

Основные цели рециклинга:

- сбережение естественных природных ресурсов;
- снижение потребности в энергии за счет использования вторичного сырья;
- уменьшение количества отходов, которые следует обезвредить или захоронить;
- ограничение нагрузки на окружающую среду.

Основные способы рециклинга:

Химический рециклинг — совокупность методов утилизации, при помощи которых из отходов путем химического преобразования извлекаются ценные компоненты

Сырьевой рециклинг — способ химического рециклинга, при помощи которого продукты расщепляются до первичной сырьевой ступени (сырая нефть, хлористый водород)

Производственно-материальный рециклинг — способ рециклинга, при котором свойства материалов, которые могут быть использованы в процессе производства, в основном сохраняются (пластмасса, стекло)

Производственно-материальный рециклинг можно подразделить следующим образом:

Рециклинг предметов потребления — повторное использование продуктов после очистки, технического обслуживания, восстановления (стеклянные емкости из-под напитков, электроника, картриджи)

Рециклинг конструктивных элементов — повторная переработка компонентов или конструктивных элементов (электронный скрап, лом)

Рециклинг материалов — повторная переработка ценных материалов после физического превращения в основное вещество при помощи измельчения, плавления, гранулирования (пластик, стекло, металл)

Рециклинг сырья — дальнейшая переработка после подготовки с потерей материальной идентичности (пластик).

Далее мы будем рассматривать, главным образом, сырьевой рециклинг.

6.2. Переработка макулатуры

Потребление бумаги во всем мире очень велико (рис. 6.1)

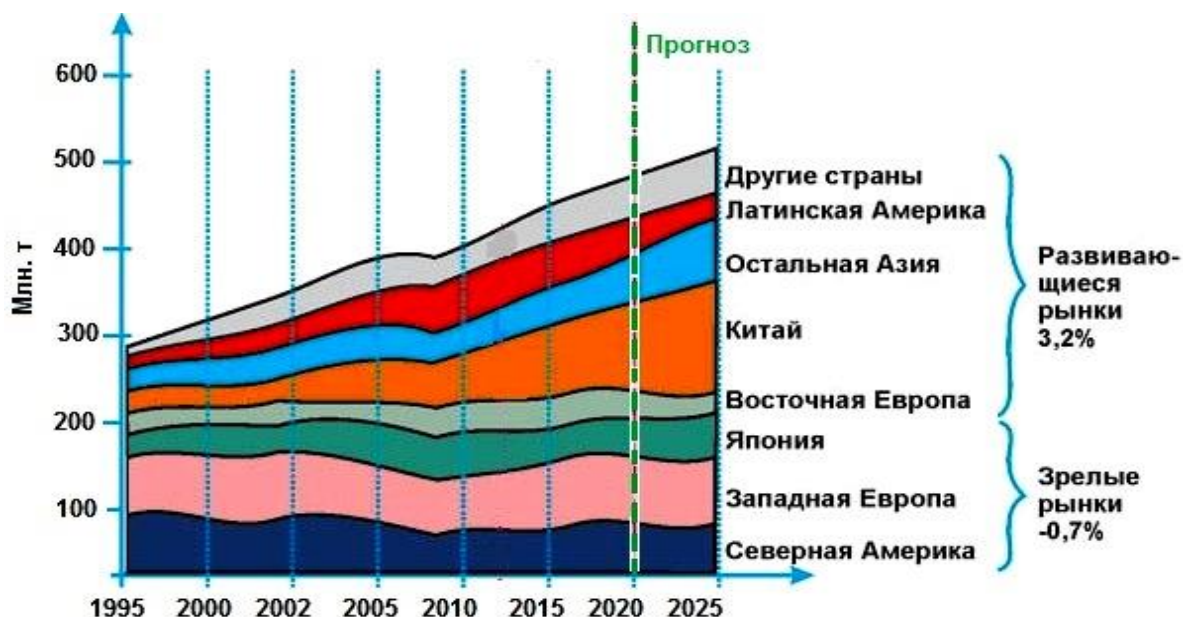


Рис. 6.1. Динамика мирового уровня потребления бумаги и картона

Ежегодный рост потребления упаковочных материалов и бумагу санитарно-гигиенического назначения прогнозируется в районе 2,9%. Ключевые страны, обеспечивающие рост потребления бумаги – Китай и Индия, для которых характерны рост населения, урбанизация и формирование нового среднего класса.

Большинство развитых стран использует больше 50 % потребляемой бумаги повторно (рис. 6.2).

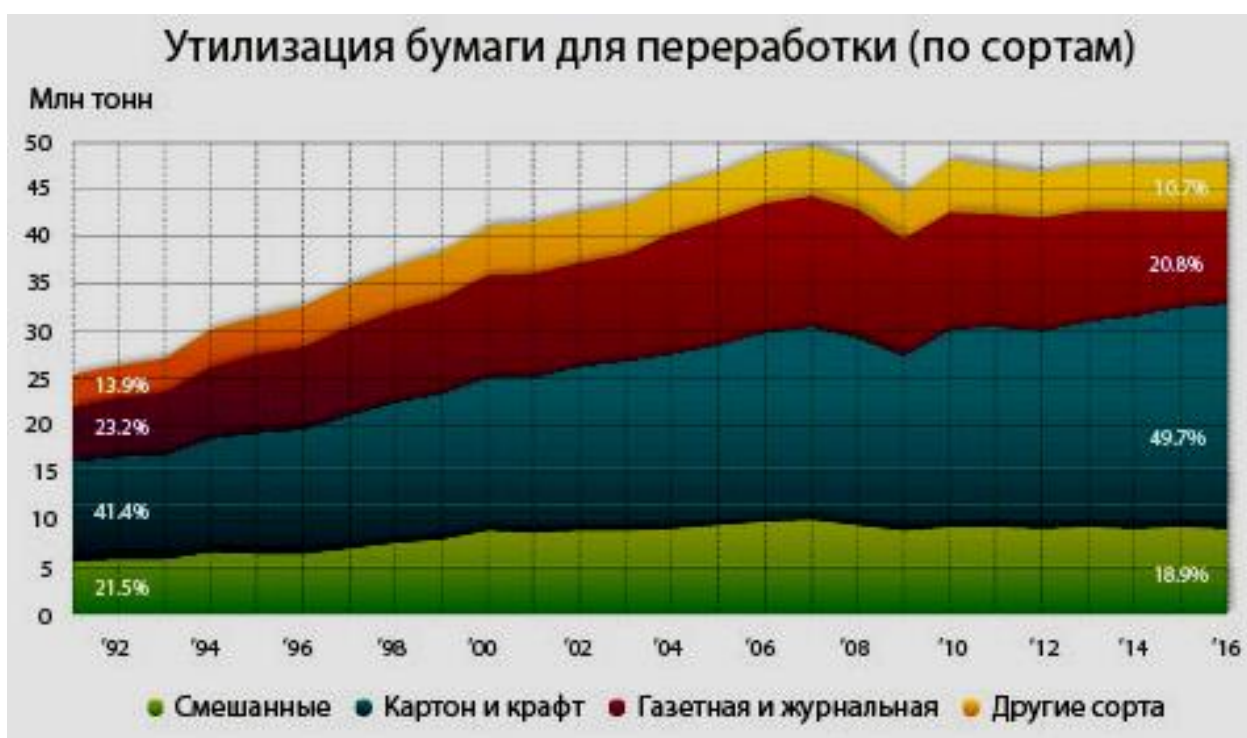


Рис. 6.2. Состояние переработки бумаги в Европе в 1992-2016 гг.

В странах СНГ переработка макулатуры пока не достигла таких высоких показателей. На рис. 6.3 показана ситуация с переработкой макулатуры в России в 2017г.

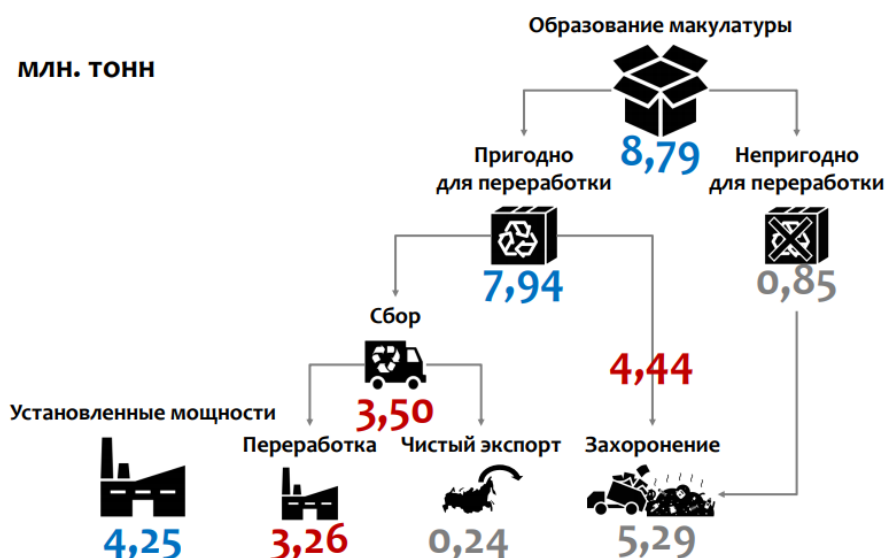


Рис. 6.3. Схема процессов обращения с макулатурой в России

При переработке макулатуры происходит следующее:

- Применение старой бумаги и картона сокращает потребление новой древесины при новом изготовлении бумаги: один контейнер, заполненный макулатурой (примерно 70 кг) сберегает одно растущее дерево.
- Уменьшение потребления свежей воды:
новая бумага: 245-300 м³; старая бумага: 5-40 м³
- Уменьшение потребления электроэнергии:
новая бумага: 100%; старая бумага: 50%.
- Использованная бумага может выдержать 5-7 циклов регенерации.
- Газетная бумага состоит на 100% из переработанной бумаги
- Цена 1 тонны старой бумаги (на 2005г): 50—80 €

Раздельный сбор макулатуры на месте ее образования

Необходимость предварительной обработки: в целях обеспечения эффективной переработки и получения высококачественного сырья макулатура должна собираться отдельно от прочих отходов и не должна содержать, прежде всего, влажных, жирных и других загрязненных фракций (специальный сбор макулатуры). Неотделенная от других видов отходов или полученная путем сепарации из обычного мусора или смешанных отходов макулатура может, как правило, применяться только для получения низкокачественного сырья (например, для производства бумаги низкого качества). На

рис. 6.4. представлены различные виды макулатуры, полученной из отходов различного типа бумаги.



Рис. 6.4. Виды макулатуры

Процесс переработки макулатуры представлен на рис. 6.5.

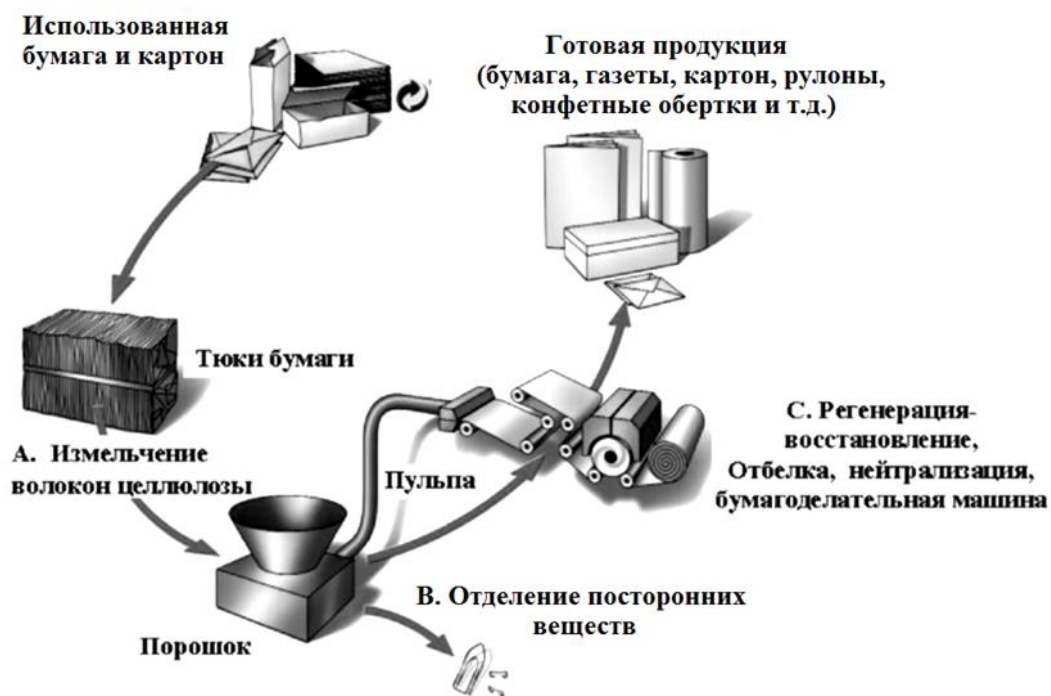


Рис. 6.5. Схема переработки макулатуры

6.3. Переработка стекла

В Европе повторное использование стеклотары является одним из наиболее успешных начинаний, направленных на защиту окружающей среды и ее ресурсов.

В некоторых европейских странах (Германия, Австрия, Нидерланды) из использованной стеклотары изготавливается до 85% новых бутылок и банок. Повторное использование стекла приносит пользу потребителю, производителю, и, конечно же, окружающей среде. Стекло производится из песка, может использоваться повторно до 7 раз, не теряя при этом своего качества. Переплавка старого стекла требует меньших энергозатрат, чем обработка сырья. Каждая тонна повторно используемого стекла уменьшает выбросы парниковых газов на 200 килограмм. Иначе говоря, если всего лишь 10% изготовленного стекла будет состоять из повторно используемых материалов, то выбросы парниковых газов сократятся на 5%.

Стекло является оптимальным материалом для дальнейшей переработки.

Процесс плавления бутылочного стекла проходит при более низких температурах (1200-1400°C), чем первичная варка (1520 —1580° С), что снижает энергетические затраты.

Каждый килограмм старого стекла берегает 27 г нефти, что означает, что при производстве 1 тонны продукции сохраняется 34 литра нефти.

Из одного контейнера, заполненного стеклянной тарой (примерно 110 кг) можно изготовить свыше 200 новых стеклянных бутылок и банок.

Повторному использованию подлежат не все виды стекла.

Из-за сложности обработки из общей массы отходов рекомендуется исключить:

- материал с армосеткой;
- зеркальное стекло;
- триплекс.

6.3.1. Переработка стеклянной тары.

Стеклянная тара (бутылки, банки и т.д.) – наиболее распространённый вид стеклянных отходов. Желательно использовать тару повторно, однако реализовать этот путь можно только для стандартной стеклянной посуды, которую может принять производственная компания (пивные, молочные, винные бутылки). Вместе с тем, обилие форм и расцветок часто затрудняет повторное использование стеклотары. В этом случае необходима переработка (рис. 6.6).

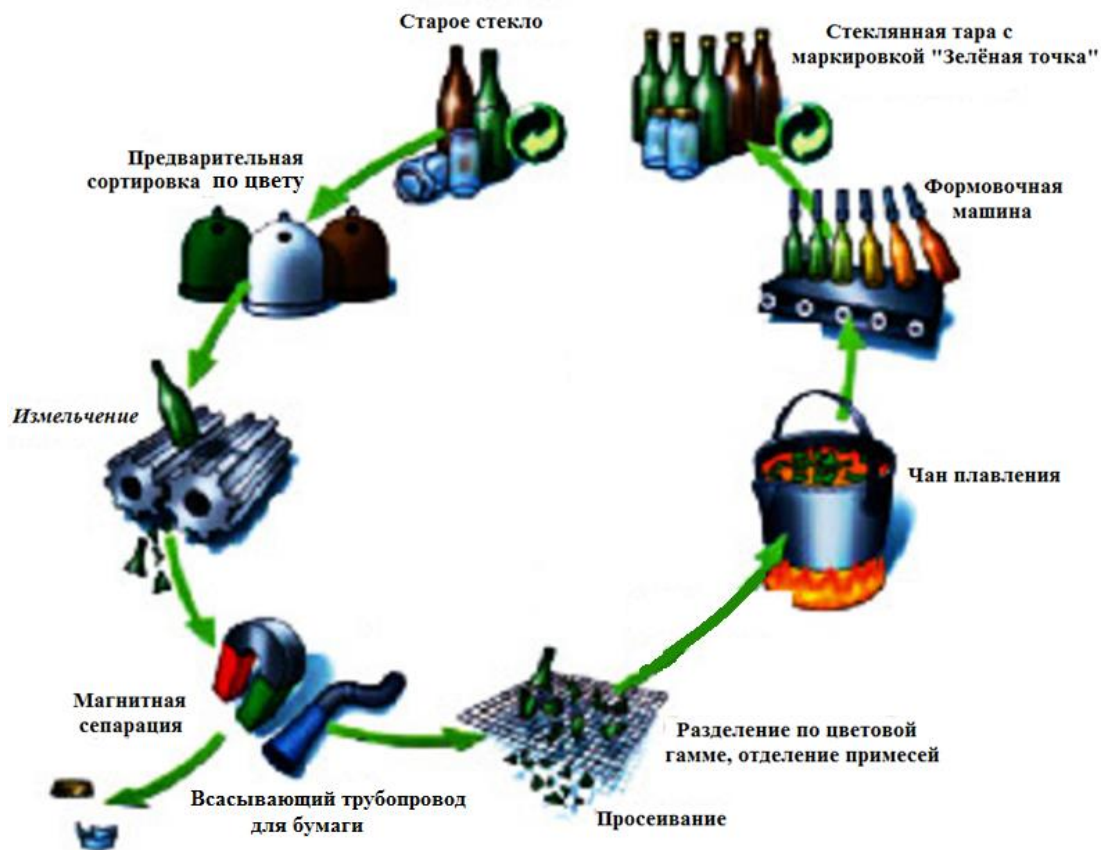


Рис. 6.6. Принципиальная схема повторной переработки стекла

6.3.2. Переработка автомобильного стекла

Особняком от остальной технологии переработки стекольной продукции стоит переработка автомобильного стекла. Обычные линии для передельного цикла предназначены для утилизации и повторного производства оконного стекла и прочей продукции, изготовленной из однослойного материала. Лобовые (иногда боковые и задние) автомобильные стекла изготавливаются по технологии триплекс и являются многослойными, прочно скреплёнными поливинилбутиральной плёнкой. Это изделия повышенной безопасности, которые при разбитии не распадаются, а крошатся на множество маленьких кусочков и остаются скреплёнными на пленке, позволяя человеку избежать травм. В связи с этим применять стандартные технологии по утилизации стекла для таких стеклопакетов не является возможным.

В нынешнее время утилизация такого стекла приобрела большое значение, и занимаются ей множество развитых стран. Число автомобилей стремительно растёт с каждым годом, причём каждая автомашина среднего класса потребляет около 30 килограмм многослойного стекла. Для примера, в Германии каждый год утилизируется около 20-30 тысяч тонн триплексных стекол. Переработка многослойного материала, произведенного по технологии триплекс, является трудоёмкой и обеспечивает меньшую

производительность по сравнению с переработкой обычного стекла. Процесс переработки триплексного стекла состоит из следующих этапов:

1. Отсортированное битое триплексное стекло проходит процедуру предварительного дробления с помощью многовалковой установки, за счёт чего нарушается жесткая структура стекла, и оно сминается без отделения осколков.

2. Складирование полученного стеклобоя на временное хранение, в течение которого происходит частичное самопроизвольное отделение склеивающей пленки за счет окислительных процессов, что позволяет упростить дальнейшую переработку.

3. Повторное дробление в многовалковой дробилке.

4. Ручная сортировка стеклобоя для окончательного измельчения и просева с магнитной сепарацией.

5. Удаление легковесных обрывков плёнки посредством аспирации.

6. Оптическая сепарация.

В зависимости от качества технологии переработки триплексов определяется дальнейшая судьба стеклобоя. Зачастую такое стекло невозможно полностью очистить от мелких кусочков плёнки, из-за чего нельзя его использовать в последующей переработке для производства флоат-стекла¹⁴ и прочей стеклотары. Поэтому изделие такого типа отправляется на переделывание в различные теплоизоляционные материалы (стекловату), добавки для краски и прочие изделия.

6.3.3. Направления использования отходов стекла

Кроме тары, из отходов стекла можно изготовить недорогие и востребованные на рынке изделия, особенно для строительной индустрии:

1. **Стекловата.** Универсальный утеплитель с высокими звукоизоляционными свойствами. Для его производства стеклянные отходы переплавляются в специальное волокно, которое и является основой продукта. Стекловата, изготовленная из отходов, значительно дешевле традиционной продукции из песка, соды и известняка.

2. **Пеностекло.** Высококачественный утеплитель, выпускаемый в виде гранул, блоков, листов и т. д. Технология производства пеностекла из стекольного боя довольно проста. Отходы размельчаются, плавятся и вспениваются в специальных установках с последующим охлаждением.

3. **Жидкое стекло.** Универсальный материал, который используется в различных производственных и бытовых сферах. Силикатный клей – это и есть жидкое стекло. В

¹⁴ Флоат-стекло или термополированное стекло — стекло, полученное наливом расплавленной стекломассы на слой расплавленного легкоплавкого металла, обычно олова

строительстве используется для гидроизоляции, как добавка в бетон и т. д. Стеклобоя заменяют песок при производстве жидкого стекла, что снижает стоимость продукции.

4. Интерьерная плитка. Из отходов стекла можно выпускать отличную плитку для отделочных работ. Для этого измельченное стекло смешивается со специальной смолой и разливается по формам для затвердевания. Плитка имеет «дорогой» внешний вид и обладает водоотталкивающими свойствами.

5. Декоративная стеклокрошка. Из стеклобоя изготавливают гранулы размером до 1 см, которые используются для внутренних отделочных работ.

6. Вяжущие для строительных работ. Измельченные отходы стекла добавляют в различные строительные смеси, например, в бетон.

7. Гласасфальт. Смесь стекла с асфальтом, иначе называемая гласасфальт, на три четверти состоит из стеклянного боя. Преимущества использования гласасфальта: а) возможность использования при низких температурах; б) отличная видимость в ночное время, благодаря эффекту светоотражения; в) высокая степень сцепления с колесами автотранспорта; г) более долгий срок эксплуатации.

8. Микроизделия. Стеклошарики и микросферы, бисерные шары цельные и пустотелые – изделия из стеклобоя от производства окон, нашедшие применение в дорожном хозяйстве и медицине, строительстве и промышленности.

6.4. Переработка металлической тары

Консервные банки представляют один из основных видов долговременной упаковки. Годовой объем производства металлической тары в мире оценивается в 410 млрд. шт., причем на каждые 10 млрд. шт. расходуется 326 тыс. т листового железа и 3 тыс. т дефицитного олова. Переработка пустой банки начинается с очистки и промывки горячим содовым раствором. Обработанные таким образом банки поступают в специальный барабан, где в растворе натриевой щелочи и метанитробензойной кислоты при температуре 80 °С происходит удаление олова с поверхности банок. Из полученного раствора в электролизных ваннах на катодах осаждается олово. Катоды после просушки помещают в печи, где при температуре от 800 до 900 °С происходит отделение олова. Стоимость 1 т восстановленного олова меньше стоимости 1 т первичного олова в 1,6 раза. Банки, освобожденные от олова, в прессе-пакетировщике формируются в пакеты массой около 100 кг и отправляются на заводы «Вторчермета».

Для получения алюминия из использованных алюминиевых банок необходимо затратить лишь 5 % от той энергии, которая необходима для его производства из натурального сырья. В настоящее время в странах Западной Европы и США

обсуждаются планы по внесению изменений в конструкцию и технологию производства банок из стали и алюминия, чтобы обеспечить рентабельность их последующей утилизации.

6.5. Переработка пластмасс

Пластмассы – это химическая продукция, состоящая из высокомолекулярных, длинноцепных полимеров. Производство пластических масс на современном этапе развития возрастает в среднем на 5 ... 6% ежегодно. Их потребление на душу населения в индустриально развитых странах за последние 20 лет удвоилось, достигнув 85 ... 90 кг/год.

6.5.1. Проблема накопления пластмасс в мире

Отрасль производства полимеров и полимерной продукции является одной из самых динамично развивающихся, а количество отраслей потребления полимерных материалов охватывает практически все сферы промышленного производства (рис. 6.7).

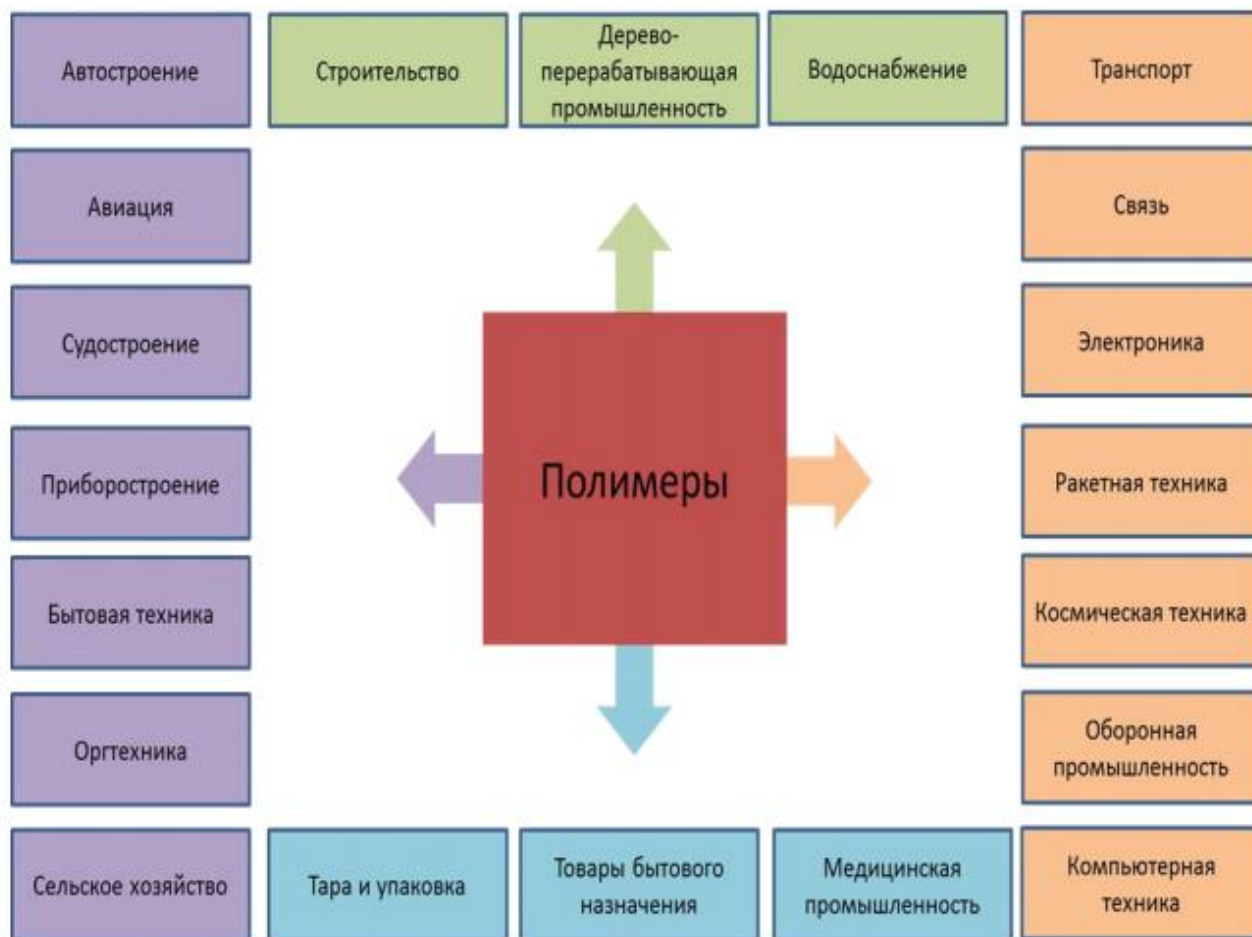
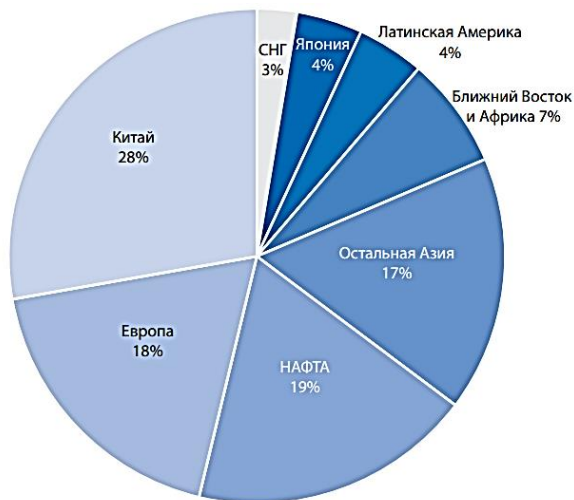


Рис. 6.7. Отрасли-потребители полимерной продукции

В результате проведенного анализа было определено, что **мировое производство полимеров в 2013 г. составило 245 мегатонн**, а основными региональными



производителями полимеров являются Китай, Европа, НАФТА – Североамериканская зона свободной торговли (“North American Free Trade Area”) (рис. 6.8).

Рис. 6.8. Производство пластмасс по странам мира

Самые популярные в мире полимеры (по доле в мировом производстве):

- Полиэтилен – 29%,
- Полипропилен – 19%,
- Поливинилхлорид – 11%,
- Полистирол – 6,5%,
- Полиэтилентерефталат – 6,5% и
- Полиуретан – 7%.

Основные сферы потребления полимеров:

- Упаковка – 40%,
- Строительство – 21%,
- Автомобилестроение – 8%
- Электроника – 5%.

Насчитывается около 150 видов пластиков, 30% из них – это смеси различных полимеров. Для достижения определённых свойств, лучшей переработки в полимеры вводят различные химические добавки, которых уже более 20, а ряд из них относится к токсичным материалам. Выпуск добавок непрерывно возрастает, а со временем потребляемые пластики неизбежно переходят в отходы. Состояние процессов образования пластикового мусора и его утилизации показаны на рис. 6.9 и 6.10.

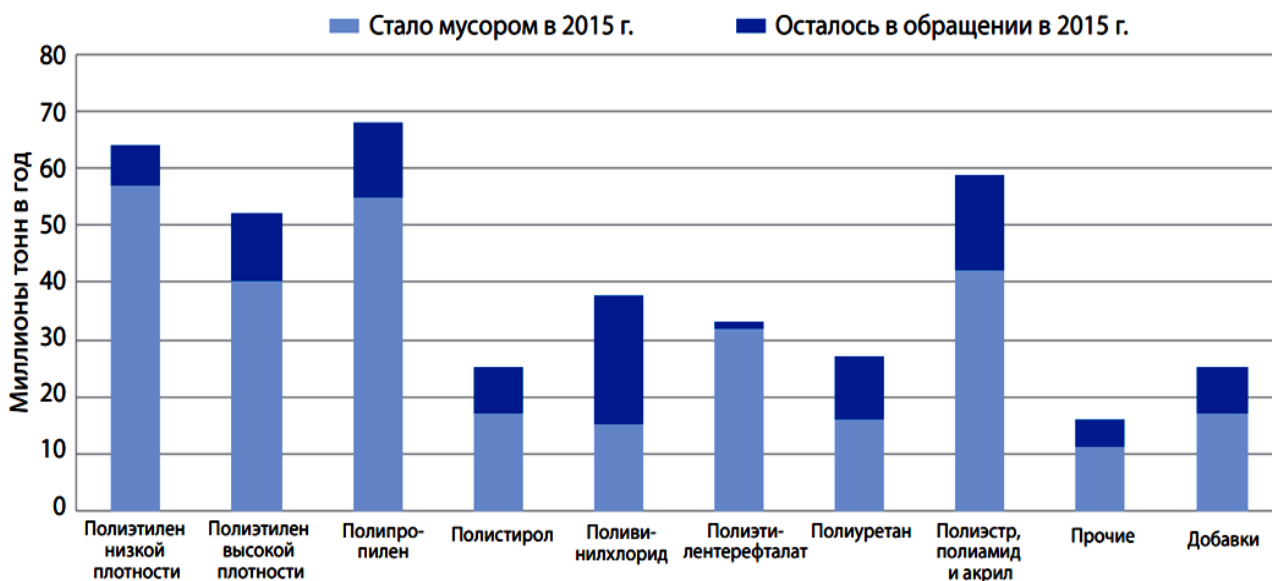


Рис. 6.9. Соотношение произведенных пластмасс и образующегося из них мусора

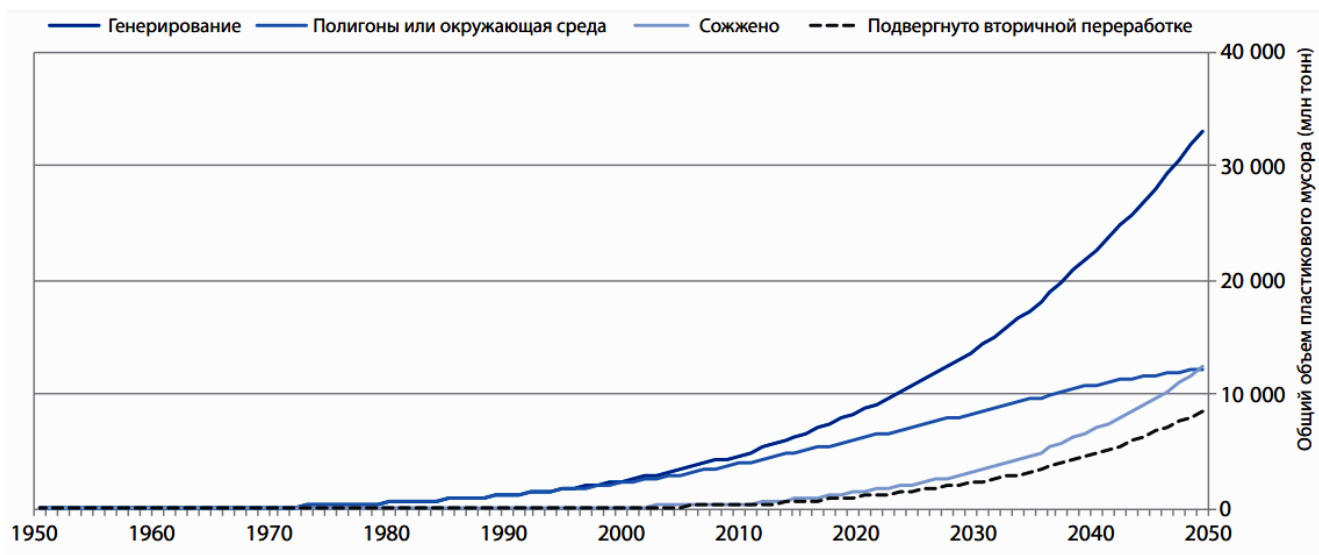


Рис. 6.10. Прогнозируемый рост количества пластикового мусора и его утилизации до 2050 г

Примечание. Данные за 2015–2050 гг. рассчитаны на основе предположений: 1) замедляющегося роста пластикового мусора в среднем за год с 5% в 2015 г. до 3% в 2050 г.; 2) ежегодного прироста переработки пластика на 0,7% в год

Одним из быстроразвивающихся направлений использования пластмасс является упаковка. Из всех выпускаемых пластиков 41% используется в упаковке, из этого количества 47% расходуется на упаковку пищевых продуктов. Удобство и безопасность, низкая цена и высокая эстетика являются определяющими условиями ускоренного роста использования пластиковых масс при изготовлении упаковки.

Такая высокая популярность пластмасс объясняется их лёгкостью, экономичностью и набором ценнейших служебных свойств. Пластики являются серьёзными конкурентами металлу, стеклу, керамике. Например, при изготовлении стеклянных бутылей требуется на 21% больше энергии, чем пластмассовых. Но наряду с этим возникает проблема с утилизацией отходов, которых существует свыше 400 различных видов, появляющихся в результате использования продукции полимерной промышленности.

В рамках британской Программы исследования оптимальных путей утилизации отходов (Waste and Resources Action Programme) было предложено классифицировать степень негативного воздействия пластиков по семи категориям:

- воздействие на изменение климата;
- энергопотребление;
- водопотребление;
- истощение абиотических ресурсов;

- закисление среды;
- фотохимическое окисление;
- эвтрофикация и токсичность для человека.

Как показало исследование, основную проблему в контексте изменения климата представляет производство чистых полимеров. Большое энергопотребление связано с переработкой нефти, получением мономеров и их синтез в исходный материал. Кроме того, этот процесс сопровождается выделением больших объемов парниковых газов (около 1% от совокупных выбросов в год). Рециклинг пластика позволяет снизить энергопотребление и вредные выбросы, однако требует таких дополнительных процедур, как сбор материала, его транспортировка и сортировка.

6.5.2. Управление отходами пластика

В мировой практике управления пластиковыми отходами приняты три основные системы:

- 1) сбор отходов в уличные контейнеры;
- 2) система сбора через пункты приема;
- 3) возврат депозита. Неформальный сектор также играет важную роль в этом процессе, прежде всего в бедных и развивающихся странах.

Процедура сбора отходов в уличные контейнеры отработана и активно применяется главным образом в промышленно развитых странах. Там, как правило, сухие материалы, пригодные для рециклинга, либо сразу же сортируются самими гражданами, либо это делается муниципальными службами или частными подрядчиками. В целом, по данным Программы ООН по окружающей среде, организация систематического сбора и вывоза мусора в различных регионах мира весьма неравномерна: в Северной Америке – 100%, Латинской Америке и Европе – от 80 до 100%, Азии – от 50 до 90%, Африке – от 25 до 70%. При этом более 2 млрд жителей планеты не имеют доступа к услугам по сбору и вывозу отходов. Таким образом, значительная часть мусора, в том числе пластикового, не перерабатывается и не утилизируется, а попадает в окружающую среду. Если предположить, что каждый из этих 2 млрд человек генерирует 250 г мусора в день, 10% которого – пластик, то тогда утечка пластмассовых отходов будет составлять порядка 15 млн т ежегодно.

Другой организованной системой сбора сухих материалов, пригодных для рециклинга, являются *централизованные пункты приема*, куда граждане и организации могут сдавать имеющийся у них мусор, подлежащий переработке. Такой способ более широко распространен в развивающихся странах из-за относительно низкой стоимости. Эта схема имеет свои недостатки, так как далеко не каждый гражданин или предприятие

будут самостоятельно сортировать и вывозить свой мусор, поэтому процент его повторной переработки по сравнению с первым вариантом будет гораздо ниже.

Система возврата депозита подразумевает взимание наценки за определенный товар, которая возмещается потребителю после того, как он вернет подлежащую повторному использованию упаковку от данного продукта. Такая схема распространена в ряде европейских стран, в том числе в Австрии, Германии, Нидерландах и Швейцарии. Ее преимущество заключается в циклической логистике: материал сдается розничному продавцу, а оттуда отправляется на переработку, после чего вновь поступает в магазин в виде упаковки. Но есть здесь и проблемы – упомянутая наценка мешает трансграничной торговле такими товарами.

Неформальный сектор играет ключевую роль в сборе и сортировке мусора в бедных и развивающихся странах. По оценкам, в мире насчитывается около 20 млн человек, которые зарабатывают на жизнь подобной деятельностью.

Что касается сортировки пластикового мусора, то она производится различными методами в зависимости от технического уровня и возможностей той или иной страны – от ручной переборки до использования оптики и лазера. Наиболее распространенные из них приведены в табл. 6.1.

Табл. 6.1

Методы сортировки для отделения различных полимеров по типам и цвету

Метод сортировки	Описание процесса	Распространенность
Ручная	Производится вручную с конвейера или на поверхности	Широко распространено в бедных и развивающихся странах
Индуктивная	Индуктивные сенсоры определяют наличие металла, который отделяется от других материалов при помощи «воздушного ножа»	Распространено несущественно
Вихревая	Неметаллические предметы определяются при помощи магнитного поля	Широко распространено
Барабанным сепаратором	Позволяет сортировать материал по размеру	Широко распространено
По плавучести	В зависимости от удельного веса различный пластик либо тонет, либо остается на плаву	Широко распространено в развивающихся и развитых странах
Рентгеном	Производится распознавание при помощи рентгеновских лучей	Широко распространено в развивающихся и развитых странах
Инфракрасным излучением	Распознавание ведется в инфракрасном свете	Широко распространено в развивающихся и развитых странах

В различных странах ОЭСР¹⁵ количество объектов по сортировке мусора заметно варьируется. К примеру, в Великобритании их около 120, а в США – порядка 800. Непосредственно рециклинг осуществляется двумя основными способами – механическим и химическим. Механический рециклинг использует физические свойства вещества без существенного нарушения его химического строения. Он включает операции сортировки, нарезки и измельчения отходов, промывку и просушку с последующим использованием их в качестве наполнителей для новых материалов или введения в них с целью улучшения структуры. Использование вторичного сырья зависит от фракции измельчения. Подготовленное сырье обрабатывается в термических установках до момента образования расплава однородной консистенции. Основное оборудование для переработки пластиков механическим способом включает в себя дробилки, грануляционные установки и устройства для агломерации вторичных пластмасс. Кроме этого, в состав линии рециклинга могут входить системы замачивания и очистки (центрифуги, ванны).

Механический рециклинг – проверенный и надежный способ вторичной переработки. Для измельчения созданы совершенные технологические линии, которые позволяют получать качественное и дешевое сырье. Однако он не лишен недостатков. Основной из них – проблематичность получения чистого сырья без посторонних примесей, что сказывается на качестве изготавливаемых из него изделий. Часто конечный продукт измельчения проигрывает в свойствах новым, более прочным и надежным материалам или оказывается чувствительным к отдельным компонентам продуктов, в состав которых их намечалось ввести. Отдельных подходов требует механический рециклинг реактопластов из-за их физико-химических свойств. Главным образом он осуществляется прессованием. Также производится переработка литьем под давлением, вакуумформированием, каландрированием и выдавливанием.

Химический рециклинг сырья связан с трансформацией пластмасс с использованием тепла и/или химических реактивов с целью получения мономеров или другой углеводородной продукции, которая может использоваться для производства новых полимеров, химически чистых химикатов или топлива. Данный способ может осуществляться посредством деполимеризации химикатов. Этот процесс связан с реакцией пластмассы с химическими реагентами, приводящей к получению исходных мономеров, которые можно переработать для производства новых полимеров. Существуют различные процессы термического разложения, в зависимости от химического агента, самые распространенные из них – гликолиз, метанолиз, гидролиз и

¹⁵ Организация экономического сотрудничества и развития — международная экономическая организация развитых стран, признающих принципы представительной демократии и свободной рыночной экономики

аммонолиз. Эти процессы связаны с разложением полимерных материалов с использованием нагрева (обычно при температурах от 500 до 800°C) при отсутствии кислорода. Пластмассы конвертируются снова в жидкие нефтепродукты, используемые для производства пластмасс и новых пластиков, синтетических волокон, смазочных масел и бензина. Ряд методов химического рециклинга в настоящее время находятся в стадии исследования. Химический рециклинг пока не получил широкого практического применения и мало используется в промышленности. Вместе с тем у него большой потенциал, связанный прежде всего с переработкой загрязненного и гетерогенного пластика, а также реактопластов¹⁶ с использованием лишь незначительной предварительной обработки.

6.5.3. Состояние вопроса переработки пластмасс в Узбекистане

Из всего ассортимента ТБО переработка пластиковых бутылок и полиэтилена наиболее развита в стране. Один из крупнейших заводов по переработке полиэтилентерефталата (ПЭТ) работает с пластиковыми бутылками, собранными в Ферганской, Андижанской и Наманганской областях. Завод перерабатывает 4000 тонн сырья в год и производит линолеум, наполнитель для верхней одежды и мягких игрушек, домашний текстиль и спортивное покрытие. Геотекстиль и геомембрана, получаемые из переработанных бутылок, используются в качестве разделительного и уплотнительного материалов при строительстве дорожного полотна и фундамента домов, при прокладке лыжных трасс, для гидроизоляции водных сооружений и мусорных полигонов. В ближайшее время компания запустит производство кожзаменителя.

В г. Ташкенте насчитывается больше 10 предприятий, занимающихся переработкой пластика. Одно из них – PET Recycling Group. Компания производит ПЭТ-хлопья и гранулы. Мощность предприятия составляет 20 тонн бутылок в сутки, но фактическая загрузка составляет немногим более 50 %. Кроме приёма бывших в употреблении бутылок завод закупает сырье у производителей бутилированных напитков, у которых скапливается производственный брак. Перерабатываются и другие виды пластика: крышки, ведра и др.

В процессе производства ПЭТ-хлопьев крышки от бутылок отделяются. Из них тоже планируется изготавливать гранулы, которые станут сырьем для производства труб, целлофана и полиэтиленовой пленки.

¹⁶ Реактопласты (терморективные пластмассы) — пластмассы, переработка которых в изделия сопровождается необратимой химической реакцией, приводящей к образованию неплавкого и нерастворимого материала.

Бутылки вручную сортируют по цветам: белый, зеленый, коричневый. Далее происходит первичная мойка и сортировка, затем дробление, обработка горячей водой и полоскание. Финальный этап—сушка. Таким образом получают ПЭТ-хлопья, из которых производят гранулы (рис. 6.11).



Рис. 6.11. Общий вид линии переработки пластика и готовая продукция (ПЭТ-гранулы)

В 2016 году запустили производство ПЭТ-пленки, которая служит для производства одноразовой посуды.

Каждый год в Узбекистан завозят **примерно 33 тысячи тонн ПЭТ-пластика**. Его переработка поможет на первом этапе **сократить импорт на 30%**, а в перспективе – на 70-80%.

11 июня 2019 года в Государственном комитете экологии был организован Круглый стол «Производство полиэтиленовых изделий: Законодательные требования и проблемы практики», с участием должностных лиц Государственного налогового комитета, Торгово-промышленной палаты и руководителей предприятий по производству полимерной пленки, упаковки и пакетов в Узбекистане.

Участникам Круглого стола были предоставлены дополнительные разъяснения в связи с введенными законодательными требованиями и нормами, связанными с запретом на производство обычной полиэтиленовой пленки и пакетов из нее.

В связи с необходимостью перехода от прежних технологий производства полимерной упаковочной пленки и пакетов на использование биоразлагаемых полимерных материалов, между представителями госорганов и производителями состоялась двухстороннее обсуждение возникающих проблем и возможных путей их решения.

Производителям были представлены обзоры технологий производства сырья на основе оксо-биodeградации и на основе использования таких видов природного сырья

как крахмалы, обсуждены возможные варианты изменения технологий производства сырья и готовой продукции, обеспечивающие переход на 100% использование биоразлагаемых полимерных материалов для производства упаковки и бытовых пакетов.

6.5.4. Биоразлагаемые полимеры

Уникальные свойства пластика: легкость, гибкость и прочность, – обеспечили ему популярность, в том числе и в секторе розничной торговли.

Однако, по мере роста производства пластиковых изделий, стали очевидны и их недостатки. Из-за большого разнообразия видов пластиковых отходов их сложно переработать, а при попадании в окружающую среду они сохраняются в ней сотни лет, почти не подвергаясь разложению.

Решением данной проблемы долгое время считались биоразлагаемые пластики. Предполагалось, что если придать полимерам способность разлагаться до минеральных веществ, отходы больше не будут накапливаться на свалках, а будут возвращаться в природный круговорот. К сожалению, в полной мере реализовать эту идею пока не удалось.

Рассмотрим, что собой представляют биоразлагаемые пластики на примере пластиковых пакетов-маек, реализуемых в супермаркетах. Наиболее распространенным видом пакетов являются пакеты из полиэтилена, однако в некоторых розничных сетях можно встретить и «биоразлагаемые» пакеты. Во всех известных нам случаях, «биоразлагаемыми» назывались оксоразлагаемые пакеты. В чем же отличие оксоразлагаемых пластиков от истинно биоразлагаемых?

Оксоразлагаемые пакеты представляют собой пакеты из полиэтилена, в который введена специальная добавка, ускоряющая распад пластика на фрагменты под действием света и кислорода. Несмотря на то, что многие производители утверждают, что образовавшиеся фрагменты полностью расщепляются микроорганизмами, независимое исследование, проведенное в соответствии с международными стандартами, показало, что за 350 дней лишь 15% оксоразлагаемого полиэтилена разлагается в почве до углекислого газа. Безопасность мелких фрагментов пластика для экосистем вызывает большие сомнения, так как они могут поглощаться животными и вызывать их преждевременную гибель. Дальнейший распад полиэтилена может приводить к образованию пыли, которая может проникать в дыхательные пути животных и людей и оседать в них.

Истинно **биоразлагаемые пакеты** изготавливаются из специальных полимеров, которые при наличии микроорганизмов и специальных условий разлагаются до углекислого газа и воды. Наиболее распространенными видами таких пакетов являются:

- пакеты из полилактида (polylactic acid, PLA),
- пакеты из смеси крахмала и полиэфира (например, материалы MaterBi и Ecoflex).

Данные материалы по структуре значительно отличаются от полиэтилена, что позволяет микроорганизмам быстро расщеплять их. Способность материалов к биоразложению подтверждается специальными тестами, по результатам которых изделиям из них присваивается маркировка, например, европейский «Росток».

Однако необходимо помнить, что все эти материалы подвергаются разложению только при наличии специальных условий. В Европе, где биоразлагаемые пакеты производятся в значительных количествах, они поступают на специальные компостирующие предприятия, где создаются все необходимые условия для их разложения: поддерживается высокая температура, влажность, концентрация кислорода, добавляются специальные микроорганизмы. В Узбекистане, как и в других странах СНГ, подобная инфраструктура отсутствует, поэтому пакеты поступают на свалки вместе с прочими отходами. Там в отсутствие кислорода, воды и микроорганизмов, процесс их разложения радикально замедляется.

Другим недостатком биоразлагаемых пакетов является большее негативное воздействие цепи их производства на окружающую среду по сравнению с полиэтиленовыми пакетами. Так, если рассмотреть весь жизненный цикл пакетов от добычи сырья до утилизации, то окажется, что суммарные выбросы парниковых газов для биоразлагаемых пакетов составляют 80-270% от аналогичного показателя для полиэтиленовых пакетов (рис. 6.12). Также для них значительно выше показатель эвтрофикации, то есть загрязнения водоемов фосфатами и нитратами, что связано с использованием минеральных удобрений для выращивания растительного сырья, из которого изготавливаются биоразлагаемые пакеты.

Таким образом, несмотря на способность биоразлагаемых пакетов к распаду на безопасные для окружающей среды соединения, сложности их компостирования и значительный экологический след могут сделать их использование нецелесообразным.

Альтернативный вариант биоразлагаемых плёнок разработан в Индии. После запрета в некоторых городах Индии производства, продажи и распространения полиэтиленовых пакетов в 2012 году у многих жителей возникли проблемы с переноской продуктов. Исследователь Ашвей Хедж после 4-летних изысканий основал EnviGreen – компанию, которая производит органические, на 100% биоразлагаемые пакеты.

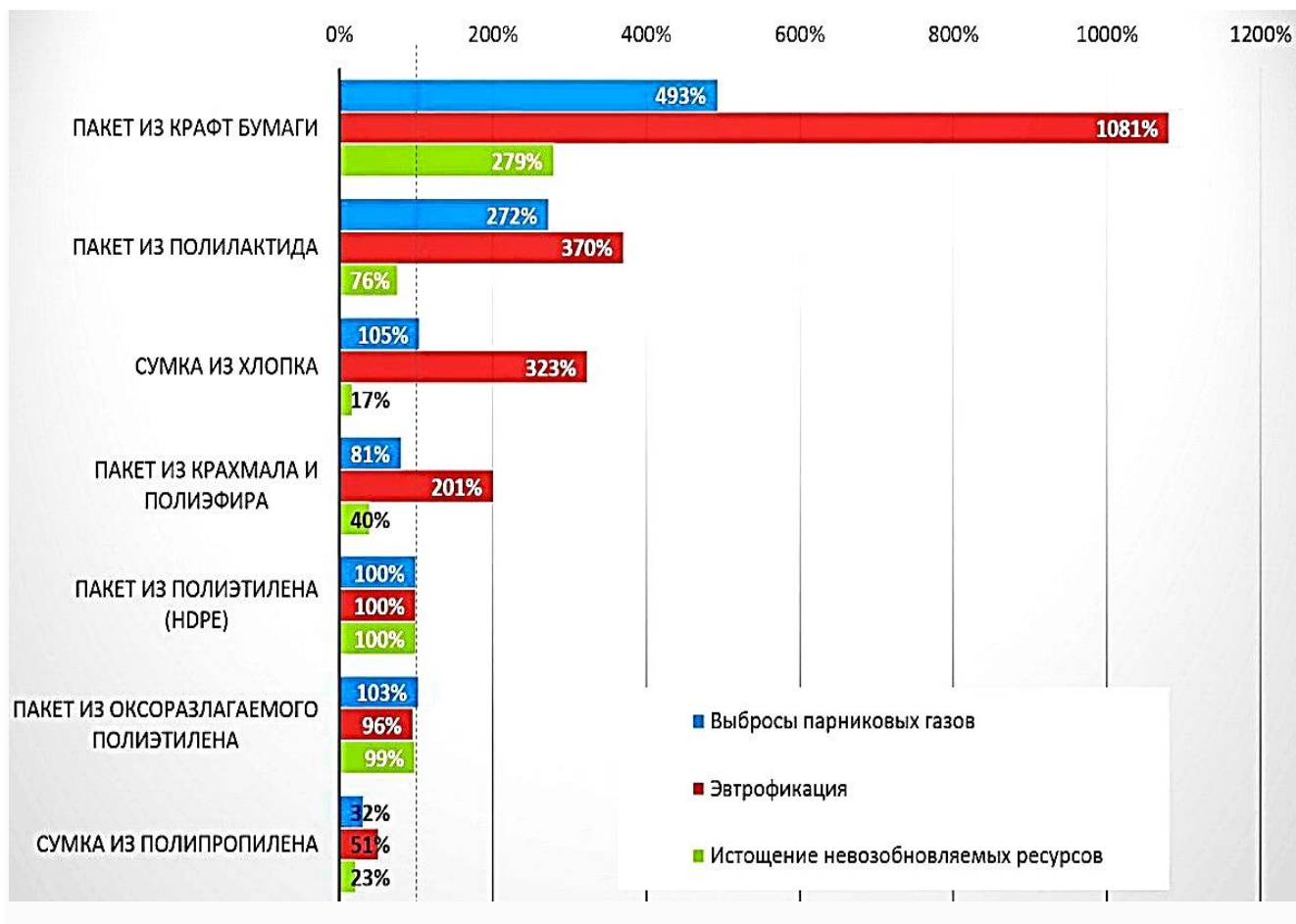


Рис. 6.12. Сравнительное воздействие на окружающую среду разных видов упаковки (за 100 % принят полиэтилен)

Они похожи на пластиковые пакеты, но сделаны из натурального крахмала и производных растительного масла. При помещении в стакан с водой при нормальной температуре пакетик EnviGreen растворяется через сутки, в кипящей воде – за 15 секунд. Разложение в естественных условиях происходит за 180 дней. Пакеты съедобны и не причинят вреда животным при попадании в организм. Процесс производства этих пакетов полностью отличается от производства пластиковых, тканевых или бумажных пакетов. Компания использует 12 ингредиентов, включая картофель, тапиоку, кукурузу, натуральный крахмал, растительное масло, банан и цветочное масло. Стоимость пакетов EnviGreen примерно на 35% больше, чем у пластикового пакета, но на 500% ниже, чем у тканевого пакета. Новый материал был проверен Государственным советом по контролю за загрязнением штата Карнатака (KSPCB), который одобрил использование этих пакетов, провел несколько испытаний, чтобы убедиться, что в них нет пластиковых элементов. Испытания включали в себя установку горячего утюга на небольшой кусочек листа EnviGreen. Лист не плавится и не прилипает к поверхности горячего железа. Пакеты также не плавятся, не капают и не выделяют токсичных паров при сжигании, в отличие от обычных пластиковых пакетов.

6.6. Рециклинг электронных отходов

Электронные отходы относятся к одному из самых проблемных видов отходов.

6.6.1. Проблема накопления электронных отходов в мире

Электронные отходы (абр. WEEE, e-waste) — один из видов отходов, содержащих выброшенные электронные и прочие электрические устройства, а также их части. Электронные отходы могут иметь высокие классы опасности из-за содержащихся в них веществ, таких как свинец, ртуть, полихлорированные дифенилы, поливинилхлорид (из-за появления диоксинов при сгорании).

Вес электронных устройств, от которых ежегодно отказывается человечество, составляет около 42 млн тонн (за 2014 год).

При этом в электронных отходах содержатся вещества, представляющие большую опасность для окружающей среды и здоровья людей, в особенности при неосторожном обращении с ними. А между тем, надлежащая переработка электронных отходов может принести доход в размере 62,5 млрд долларов в год за счет извлечения золота (его в 1 т электронных отходов в 100 раз больше, чем в 1 т руде), серебра, платины и других ценных металлов, которые сегодня вместе с отслужившей техникой также попадают на свалки. Эксперты предупреждают, что к 2050 году объем электронных отходов может вырасти почти в три раза – до 120 млн тонн.

На сайте Международного союза электросвязи (МСЭ) появился новый портал, где можно найти сведения об электронных отходах с разбивкой по регионам и странам, в том числе на душу населения. На новом портале визуально отображаются данные и статистические показатели по электронным отходам во всем мире.

В настоящее время сведения по электронным отходам предоставляют уже около 40 стран мира.

Ежегодно во всем мире выбрасывается около 50 миллионов тонн компьютеров, ноутбуков, компьютерных приставок, мобильных телефонов, телевизоров, холодильников и другой бытовой электроники. Только 20 процентов электронного мусора перерабатывается официально в безопасных для человека условиях. Остальную технику выбрасывают на свалки.

Главные аспекты мусорной угрозы:

- увеличивающиеся объемы образования WEEE;
- нет точных оценок количества образующихся и перерабатываемых электронных отходов;
- низкий уровень осознания опасности некорректного обращения с WEEE среди производителей и потребителей;

- широкое распространение рециклинга WEEE неорганизованными переработчиками с использованием таких примитивных методов, как кислотное выщелачивание и открытое сжигание, приводящих к серьезному загрязнению окружающей среды;
- неэффективные технологии рециклинга приводят к ощутимым потерям ценных материалов.

Миллионы граждан утилизируют отходы нелегально или перерабатывают в опасных условиях. Только в Китае таких – более 600 тысяч человек.

6.6.2. Обращение с электронными отходами в Японии

В Японии проблема электронных отходов активно решается на государственном уровне. По некоторым оценкам, в 2001 году было выброшено 460 тыс. компьютеров, вес которых составлял 9 тыс. т. Хотя в сравнении с другими видами отходов это величина небольшая, эксперты считали, что число выбрасываемых компьютеров будет быстро расти и всего за несколько лет может удвоиться и даже утроиться (и это уже произошло). В рамках продвижения к обществу с устойчивым ресурсным циклом элементы, составляющие компьютеры, было предложено использовать в виде вторичного сырья. Утилизация компьютеров, которой ранее занимались муниципалитеты (в основном их закапывали), с 2003 году возложена на производителей и на потребителей, которые оплачивают утилизацию ненужного им больше компьютера (25—35 долларов в зависимости от вида техники). Тридцать шесть главных производителей, на которых приходится 98% всех поставок компьютерной техники (среди них Toshiba, NEC, Fujitsu, Hitachi, IBM Japan, Sony, Apple, Dell), создали под эгидой Японской ассоциации производителей электроники и индустрии информационных технологий единую систему сбора e-отходов по всей стране. Потребители могут оставлять компьютеры на почте или договариваться с почтовыми служащими, чтобы их забрали из дома, а почта осуществляет доставку компаниям-производителям. Нередко по улицам японских городов разъезжают небольшие пикапы, оснащенные громкоговорителями, — пользователей призывают сдавать ненужные компьютеры и другие приборы.

6.6.3. Обращение с электронными отходами в Индии

Индия, в отличие от Японии, может служить примером не налаженного должным образом обращения с электронными отходами.

В индивидуальном пользовании насчитывается почти 22 % от всего количества компьютеров в Индии. Но домовладельцы не основные поставщики электронных

отходов, так как часто меняют старое оборудование на новое в магазинах или отдают его друзьям и родственникам. В деловом секторе находится приблизительно 78 % ПК. Средний срок службы персональных компьютеров в сфере информационных технологий (ИТ) составляет три года, после чего требуется их обновление. Поэтому именно в этом секторе непрерывно образуется поток WEEE. Некоторые компании сохраняют компьютеры или проводят благотворительные акции, но большинство из них избавляются от ПК на открытых аукционах. В секторе производителей и продавцов отходы состоят из чипов интегральных схем (ИС), катодно-лучевых трубок (CRT), неисправных аппаратных частей и т.д.

Обработка электронных отходов в Индии осуществляется различными способами:

1. Повторное использование. Здесь имеется в виду вторичное использование техники после ее обновления или ремонта. Самые старые компьютеры отдаются родственникам или друзьям либо сдаются в магазины на обмен или за деньги. Некоторые компьютеры передаются в благотворительные организации и т.д.

2. Рециклинг. В Индии рециклингу подвергаются все компоненты персонального компьютера. Однако переработка таких деталей, как плата или ПВХ-провод, производится с использованием несовершенных технологий: кислотных ванн и открытого выжигания.

3. Сжигание в установках и открытое сжигание. Материнские платы сжигаются в целях извлечения меди после демонтажа остальных компонентов. Поврежденные чипы также сжигаются для извлечения металлических частей.

4. Захоронение. Отходы электроники смешиваются с бытовыми отходами и захораниваются на полигонах и свалках. Пластиковые корпуса разлагаются очень медленно. Различные компоненты компьютеров содержат высокотоксичные материалы, которые загрязняют почву и подземные воды в результате выщелачивания.

Переработка отходов электроники для использования в качестве вторичных ресурсов проводится в основном в неорганизованном секторе и перерабатывающих центрах. Операции, применяемые в этом секторе, часто не разрешены властями, исключительно рискованны и опасны. Деятельность в неорганизованном секторе связана с рынками сырья и продажи извлеченных материалов. Процессы переработки осуществляются небольшими группами переработчиков «за закрытыми дверями». В неорганизованном секторе разборка производится вручную очень грубыми способами (даже с помощью молотков), провода, накопители данных и т.п. сжигаются открытым способом, драгоценные металлы вымываются азотной и соляной кислотами.

Переработка отходов электроники в неорганизованном секторе приводит к тому, что:

- опасные загрязнители и токсины высвобождаются в воздух, воду и почву, приводя к загрязнению этих ресурсов;
- здоровье работников, занятых этой деятельностью, подвергается серьезной опасности. Работая в закрытых помещениях со слабой вентиляцией, без масок, они подвергаются воздействию опасных и медленно-отравляющих химических веществ;
- технологии и методы, используемые при извлечении материалов, устарели, поэтому доля извлечения материалов низкая, теряется большая часть ресурсов;
- нет возможности повысить сознательность, так как занятые здесь работники очень бедны и большинство работают без выходных. К тому же владельцы неорганизованных предприятий не заботятся о здоровье и безопасности рабочих.

В Индии функционируют три современных центра рециклинга, где осуществляется переработка электронных отходов. Один из них, Ash Recyclers, действует в Бангалоре.

6.6.4. Электронные отходы в Узбекистане

По данным экспертов Университета ООН, на территории Узбекистана образуется до 45 тысяч тонн электронных отходов, включая, отходы электронно-бытовой техники и оргтехники, что является вторым показателем среди стран Центральной Азии, после Республики Казахстан.

Переработка и утилизация отслужившей свое бытовой и электронной техники ведется в АО «Ташрангметзавод» с 2012 года. Это единственное предприятие на территории Узбекистана, уполномоченное заниматься заготовкой лома и отходов цветных металлов. Электронные отходы состоят из тысячи различных компонентов, включая поливинилхлориды, бромированные антипирены и металлы, такие как свинец, ртуть, кадмий, бериллий.

Электронные отходы поручено собирать головному ташкентскому предприятию и его 24 филиалам в областях. В 2013 году АО «Ташрангметзавод» утилизировало менее сотни тонн электронных отходов, в 2015-м приняло на переработку 160 тонн, в 2017-м – свыше двухсот тонн отходов. Мощности производства, образованного на базе Узвторцветмета, позволяют нарастить объемы в ближайшей перспективе до трехсот тонн в год.

в Узбекистане существует несколько заводов по производству бытовой и электронной техники. Ежегодно они производят до двух тысяч тонн продукции. Импорт иностранной техники для бытовых потребителей составляет тысячу тонн в год.

В больших количествах завозится электронная техника для учебных заведений, госучреждений, промышленности.

В среднем каждые пять лет мобильные телефоны, цифровые фотоаппараты, компьютеры и принтеры, гаджеты самого разного свойства обновляются. Старые поступают на свалку.

Проблемой является сбор электронного мусора. С 11 апреля 2017 под брендом «Подари шанс природе» начат прием электронных отходов от организаций, компаний, предприятий, а также от граждан страны с поощрительной системой скидок от торгового центра «Media Park». Госкомитетом экологии и АО «Ташрангметзавод» принята Программа утилизации. Она предусматривает повышение экологической активности населения, дополнительные мероприятия, направленные на утилизацию твердых и бытовых электронных отходов в 2016-2020 годы.

Контейнеры для сбора отходов электронной техники постепенно устанавливаются в супермаркетах, на базарах, где люди часто бывают, и там, где такую технику продают. Для физических лиц расставание с «электронным мусором» максимально упрощается.

Также в рамках Программы утилизации объявлено о его приеме на переработку бесплатно для бюджетных организаций.

Если учесть, что среди таких бюджетников тысячи учебных заведений, накопивших горы устаревших компьютеров, то объявленная льгота позволит решить вопрос к обоюдной выгоде.

6.6.5. Технологии переработки электронных отходов

Методы переработки электронных отходов включают в себя ручную и автоматизированную обработку.

Ручная обработка

Этап 1. Разгрузка и проверка. Представители перерабатывающих предприятий собирают электронные отходы в местах их образования. Собранный материал транспортируется на перерабатывающий завод, где разгружается с необходимой предосторожностью и разбирается на составляющие на основе физической идентификации деталей. Квалифицированные специалисты проверяют рабочее состояние компонентов.

Этап 2. Демонтаж. Материалы или компоненты, поступающие с предыдущего этапа, распределяются между работниками, сидящими рядами, которые производят демонтаж (рис. 6.13). Рабочие места хорошо вентилируются. Здесь под контролем старших наблюдателей и с соответствующими инструментами работают около 30 человек, прошедших базовое обучение по демонтажу электронного оборудования

любого типа. Отделенные детали помещаются в отдельные пластиковые контейнеры (подносы) для следующих этапов обработки.



Рис. 6.13. Ручная разборка электронной техники – первый этап утилизации

Этап 3. Разделение на типы. Группа рабочих получает контейнеры с этапа 2 и отделяют

каждый компонент, сортируя их по типу (например, накопители, сопротивления, материнские платы, кабели, выключатели, корпуса, рамы, вентиляторы, моторы, соединительные кабели и т.д.). С разделенных деталей удаляется пыль и грязь. Затем они помещаются в полиэтиленовые пакеты, запечатываются и распределяются по контейнерам. Снаружи к упаковке прикрепляется соответствующая деталь, чтобы знать, какой материал находится внутри пакета.

Этап 4. Извлечение материала. На данном этапе для отделения основных материалов требуется некоторое количество механической, тепловой или химической энергии. Детали, поступающие с этапов 1, 2, а в некоторых случаях – с этапа 3, подвергаются механической, термической и химической обработке для удаления покрытия или разделения агрегатов на их составные компоненты. Для соскабливания свинца с печатных плат используется приспособление, чувствительное настолько, что может удалять свинец с поверхности печатной платы на толщину слоя от миллиметра до микрона. После проведения абразии с одной стороны печатной платы отдельные припаянные компоненты с другой стороны отделяются потряхиванием платы. Компоненты, отделенные в этой операции, отправляются на следующий этап для окончательного разделения и упаковки после проверки. Нагрев и химическое воздействие для удаления компонентов стараются не использовать, пока это возможно. При необходимости такие операции проводят под вытяжкой, чтобы собрать выделяющиеся газы. Компоненты, из которых можно извлечь металл (например, золото из печатных плат), хранятся отдельно. Извлечение таких материалов экономически выгодно только при накоплении большого количества золотосодержащих деталей.

Этап 5. Упаковка и реализация. Извлеченные полезные компоненты разделяются и упаковываются в полиэтиленовые пакеты, а затем продаются на вторичном рынке. Например, упаковки по 5–10 винтов, конденсаторов, крыльев вентилятора и других деталей продают местным сервисным центрам или на государственном рынке. Отдельные упакованные компоненты продают крупным производителям компьютеров. Во многих случаях компании, производящие главные торговые марки, также являются потенциальными потребителями этих деталей.

Автоматизированная обработка

Автоматизированный процесс обработки начинается с сухой механической сепарации, которая подходит для рециклинга печатных плат и другого комплексного скрапа. Этот процесс имеет 3 основные стадии: измельчение, сканирование и разделение по плотности (РПП), когда сложные материалы разделяются на их составные компоненты, что дает возможность получать отдельные металлы в чистом виде. Для разделения используются следующие технологии:

- разделение погружением в ванну (флотация) – эта операция основана на принципе разделения материалов разной плотности в жидкости с промежуточной плотностью. Материал с меньшей, чем у жидкости, плотностью всплывает, а с большей – погружается. При этом выделяются две твердые фракции: металлы и пластик, которые делятся с помощью вихревых токов и переменного тока. Данные материалы идут в переплавку;

- разделение вихревыми токами: материал проходит через горизонтальную колонну фильтров, которая вибрирует под действием проходящего через нее тока. В зависимости от веса частицы попадают в разные сектора, таким образом отделяются черные металлы от цветных;

- разделение переменным током: этим методом разделяются цветные металлы. Способ основан на комбинированном действии переменного тока и магнитного поля. При этом можно разделить частицы различной плотности и размера. Этот процесс используется для выделения драгоценных металлов, таких как золото и платина, из печатных плат, микросхем, игловок, гнезд и т.д. Драгоценные металлы извлекаются при помощи соляной кислоты и соли при отрицательной температуре, что заменяет концентрированную азотную кислоту.

CRT-рециклинг. В этом процессе используется устройство с алмазными режущими дисками. Этот сепаратор спроектирован для безопасной переработки катодно-лучевых трубок (CRT) от телевизоров и компьютерных мониторов различных типов и размеров. Трубка последовательно в три этапа разбирается на различные фракции. Процесс полуавтоматический с производительностью 45 CRT в час (для

мониторов 51 см). Высокая точность, с которой алмазная пила отделяет панель от стеклянной части, позволяет получать больше стекла, идущего на переплавку, что экономит энергию и сырьевые ресурсы.

После того как разделение выполнено, стекло по конвейеру отправляется на станцию вакуумной чистки, где с него удаляется тeneвая масса и флюоресцентное напыление. В камере резки процесс идет при давлении ниже атмосферного. Вентиляционная система контролирует и собирает пыль во время процесса резки.

6.7. Рециклинг крупногабаритных отходов

Крупногабаритные отходы — отдельная категория мусора, для сбора и вывоза которой существуют свои правила. С обычными бытовыми отходами всё ясно — их полагается выбрасывать в мусоропровод или в специальные баки. А утилизация крупногабаритного мусора (КГМ) происходит в другом порядке.

К категории КГМ относятся:

- отслужившая мебель – диваны, кровати, шкафы и т. д.;
- большеразмерная бытовая техника – микроволновые печи, холодильники, стиральные машины и т. д.;
- строительные отходы (мусор только от текущего (малого) ремонта помещений)
- дверные и оконные рамы, пластиковые панели, перекрытия, балки и т. д.;
- сантехника – унитазы, ванны, душевые кабины).

Все эти отходы в основном не опасны, но вынос и складирование КГМ в мусорные контейнеры для бытовых отходов запрещён. Технически в эту категорию попадают предметы, которые не помещаются в стандартный (0,75 м³) бак для вывоза мусора.

Чтобы не захламлять придомовые территории и избежать поломки мусоровозов для бытовых отходов, крупногабаритный мусор вывозится при помощи транспорта большей грузоподъёмности. Для складирования КГМ используются отдельные контейнеры. Далее крупногабаритные отходы вывозятся на специальные полигоны, где хранятся в накопительных бункерах.

Мусор может быть уничтожен, чаще всего методом сжигания — с получением тепловой энергии, либо переработан для вторичного использования.

В развитых странах переработка КГМ ведется уже давно, а в странах СНГ большая часть отходов всё ещё сжигается или подвергается захоронению на полигонах.

В Европе для переработки КГМ свозят в специально обустроенные пункты сбора, где мусор сортируется, очищается от опасных примесей, разделяется на более мелкие фрагменты и перерабатывается: в основном в топливо и строительные материалы.

В среднем ТБО содержат около 5–8 % крупногабаритных отходов (КГО), но бывают случаи, когда бытовые отходы в основном объёме крупногабаритные. В этом случае необходимо начать предварительную подготовку ТБО к сортировке с дробления отходов. При этом происходит загрязнение компонентов вторичного сырья органической фракцией, в результате его качество в дальнейшем снижается. Недостатком дробления также является волновой поток ТБО, в связи с чем необходим контейнер-дозатор для последующего равномерного распределения отходов. Эксплуатационные затраты использования дробилки достаточно высоки (около 15 % от общих капитальных затрат), что связано с наличием быстроизнашивающихся элементов – ножей, которые требуют заточки через каждые 30 тыс. т ТБО (1000 ч работы). Ножи подвергаются заточке 2–3 раза, затем необходима смена всего вала, стоимость которого составляет 30 тыс. евро.

Бытовые отходы, содержание КГО в которых не превышает 8 %, доставляются на МСЗ обычно в пакетах. Это определяет целесообразность включения в технологическую схему на первом этапе машины для разрывания пакетов с предварительным ручным отбором КГО. Машина содержит дозатор, что исключает необходимость дополнительного контейнера-дозатора. Такая машина хорошо подходит для автоматической сортировки, так как у неё высокая производительность (около 35 т/ч) и сравнительно невысокие эксплуатационные затраты на обслуживание (5 % от капитальных затрат).

6.8. Проблемы утилизации и рециклинга автомобилей

Утилизация является завершающим этапом жизненного цикла автомобиля. В последнее время ей уделяют очень большое внимание научные работники, представители автомобильной промышленности, сферы эксплуатации автомобильного транспорта, переработчики отходов, владельцы автомобилей, политические лидеры, широкая общественность.

Связано это, с одной стороны, с ростом благосостояния населения, выражающимся в стремительном росте автомобилизации, особенно в городах, а с другой стороны — с традиционным менталитетом: решать возникающие проблемы не постепенно и последовательно, а в авральном порядке, когда они настолько запущены, что начинают представлять угрозу безопасности и стабильному экономическому развитию.

Автомобилизация в Узбекистане достигла высокого уровня. По данным ГАИ Узбекистана, в нашей стране зарегистрировано свыше 3 млн. единиц автотранспортных средств (АТС). Более 48 % из них — старше 10 лет. В последнее десятилетие значительно увеличилась численность вышедших из эксплуатации транспортных средств (ВЭТС), их компонентов, подлежащих утилизации, что связано с улучшением социально-экономических условий жизни людей. По данным экспертных оценок, до 1,5 млн. ед. ВЭТС нуждается в утилизации.

Выведенные по разным причинам из эксплуатации транспортные средства и их компоненты частично утилизируются (черные и цветные металлы, содержащиеся в конструкции ВЭТС, аккумуляторы), но в основном становятся автотранспортными отходами (АТО), размещаемыми на полигонах или свалках, вызывая вектор проблем:

- *экономических*, обусловленных нерациональным использованием вторичных ресурсов, содержащихся в автотранспортных отходах;
- *экологических*, проявляющихся в негативном воздействии автотранспортных отходов на окружающую среду;
- *социальных*, обусловленных интересом общества к удалению автотранспортных отходов с общественной и частной территории в крупных городах и мегаполисах;
- *инженерно-технических*, связанных с отсутствием отечественных конкурентоспособных разработок ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий утилизации отдельных видов автотранспортных отходов;
- *организационных*, проявляющихся в отсутствии эффективных рычагов административно-законодательного регулирования вопросов обращения с АТО, а также в исследовании структуры, взаимных связей, законов функционирования и развития систем обращения с отходами;
- *логистических*, обусловленных наличием недостаточно упорядоченных материальных, финансовых и информационных потоков, сопровождающих процессы обращения с автотранспортными отходами.

Силами предпринимателей в республике создаются производственные мощности по переработке ВЭТС и их компонентов. В Узбекистане функционируют около 10 шиноперерабатывающих предприятий, которые утилизируют ежегодно около 120 тыс. т изношенных шин (20—30% от объема образования). Аналогичная ситуация наблюдается в создании современных производств по переработке отработанных аккумуляторных батарей, отработанного масла и др.

Наличие отдельных производств не позволяет эффективно решить проблемы утилизации ВЭТС и их компонентов в масштабах страны. Сеть организаций по сбору,

демонтажу и переработке транспортных средств, свинцово-кислотных аккумуляторов, изношенных шин, отработанных масел и других автомобильных отходов развивается преимущественно стихийно и избирательно в отношении продуктов утилизации по ценности и затратности. Низка доля сбора и глубина демонтажа ВЭТС.

Принципиальной особенностью систем утилизации ВЭТС в зарубежных странах является то, что они являются составной частью транспортной системы, обеспечивая полное или частичное снабжение автомобильной промышленности и сферы технического обслуживания и ремонта автомобилей вторичными материальными (вторичные автокомпоненты, вторичные материалы) и энергетическими (энергетическое рециклирование) – ресурсами.

В Узбекистане вялотекущий процесс развертывания производственных мощностей по сбору и переработке ВЭТС, их компонентов, формирования экологически ориентированного поведения владельцев ВЭТС получил мощный импульс в связи с реализацией в 2017 году государственного эксперимента, направленного на стимулирование приобретения новых АТС, взамен сдаваемых на утилизацию. В связи с принятым недавно постановлением Кабинета Министров от 11 сентября 2017 г. №707 «О мерах по совершенствованию порядка обращения в доход государства автотранспортных средств» ООО «Toshrangmetzavod Recycling» расширило круг своих услуг и начало утилизацию непригодного к эксплуатации автотранспорта в рамках проекта «Подари шанс природе».

Существенный рыночный потенциал содержится в ВЭТС (аварийных, брошенных, выработавших ресурс и пр.) в виде отдельных *агрегатов и деталей, не потерявших своих потребительских свойств*, которые могут поступать на вторичный рынок запчастей. По предварительным оценкам, этот потенциал составляет до 30—40 % (по массе черных и цветных металлов) и активно используется отдельными гражданами и организациями, которые демонтируют ВЭТС в кустарных условиях вне государственного контроля, заполняя рынок запчастей несертифицированной продукцией. Очевидно, что такая продукция снижает надежность АТС и, как следствие, повышает риски возникновения аварийных ситуаций в процессе дорожного движения.

На рис. 6.14 показан состав автомобиля.

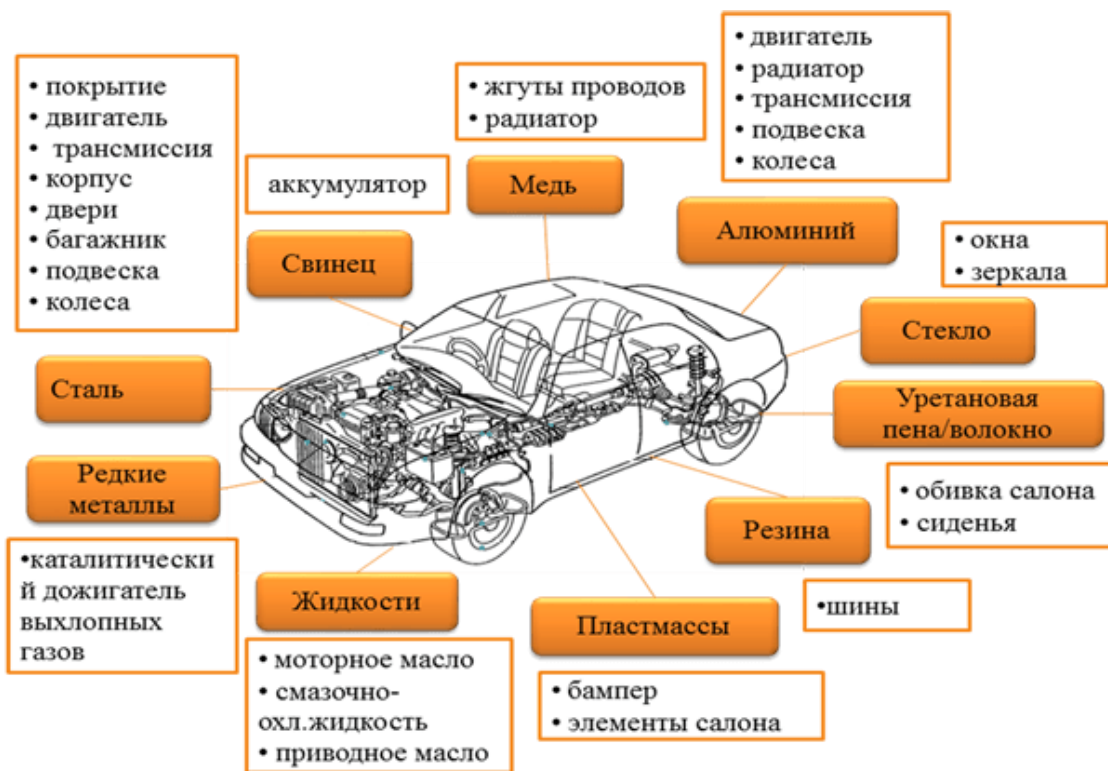


Рис. 6.14. Материалы, содержащиеся в автомобиле

Зарубежный опыт показывает, что обязательным условием экономически устойчивого развития автомобильной промышленности, транспортной системы региона или государства, а также снижения вреда, причиняемого человеку и окружающей среде автомобильным транспортом, является обновление парка подвижного состава более безопасными и экологичными конструкциями автомобилей с выводом из эксплуатации и утилизацией конструкций, устаревших морально и физически.

Узбекистан первым в Центральной Азии начал создавать собственную автомобильную промышленность еще в середине 90-х годов прошлого века. Почти весь легковой парк Узбекистана состоит из автомобилей собственного производства. Общее количество автомобилей в Узбекистане на 2017 г составляло 2 248 470 автомобилей, из них 84% - легковые, 13% - грузовые и 3% - автобусы.

В 2018 г на 1000 жителей Узбекистана приходилось 83 автомобиля. Еще в 2015 г эта цифра составляла 58. По прогнозным оценкам экспертов Центра экономических исследований ожидается, что в 2030 г обеспеченность автомобилями в стране достигнет показателей 132 автомашины на 1000 жителей, а по планам АК Узавтосаноат – 283 автомобиля на 1000 жителей к 2025 г.

При выбытии автомобилей из эксплуатации из расчёта 3-4% от общего количества численность ВЭТС по Узбекистану составляет 67500...90000 авт/год, в том числе по г. Ташкенту 14544...19392 авт/год.

Ситуация с ВЭТС достаточно сложная. Они не всегда являются отходами, т. к. в некоторых случаях имеют остаточную рыночную стоимость, и/или являются собственностью владельцев, которые могут распоряжаться ими по своему усмотрению — в том числе размещать на несанкционированных свалках или передавать на утилизацию. Последний вариант для общества является экономически и экологически предпочтительным. Исходя из действующих норм и методологии полного жизненного цикла, автопроизводитель должен разрабатывать конструкцию автомобиля («конструирование для экологии») таким образом, чтобы можно было использовать индустриальные технологии осушения и демонтажа ВЭТС, современные технологии переработки и использования содержащихся в конструкции материалов.

Рассмотрим более подробно перечень автотранспортных отходов:

- вышедшие из эксплуатации, брошенные и разукомплектованные, физически поврежденные, выработавшие ресурс либо морально устаревшие транспортные средства;

- не подлежащие к использованию по прямому назначению компоненты транспортных средств: двигатели, шасси, шины, электрооборудование, включая аккумуляторы и электролиты, подшипники качения, оборудование для технического обслуживания и ремонта АТС, другие узлы и детали;

- расходуемые в процессе использования АТС черные и цветные металлы, свинец, пластмассы, резинотехнические изделия, масла, антифризы, кислоты, другие жидкости;

- отходы эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и переработки АТС: масляные фильтры, промасленные ветошь и опилки, отходы бумаги, кожи, дерева, хлопчатобумажных тканей, стекломой от перерабатывающих производств, осадок очистных сооружений оборотного водоснабжения транспортных предприятий, моек подвижного состава, шлаки, окалина, отработанные фильтровальные материалы, отходы абразивных материалов (лом инструмента, полировальные материалы, шламы, пыли), отходы лакокрасочных материалов, клеев, мастик, отвержденных полимерных смол, отходы резины (резинотехнические изделия, камеры, эбонит и др.) и резинотканевых материалов, полимерные отходы, асбестосодержащие отходы (лом асбоцементных изделий, изношенные тормозные накладки) и др.

Данные виды отходов различаются по классам опасности, которые устанавливаются по степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду при непосредственном или опосредованном воздействии отхода на нее (табл. 6.2) на основании СанПиН РУз N 0300-11 «Санитарные правила и нормы организации сбора, инвентаризации, классификации, обезвреживания, хранения и утилизации промышленных отходов».

Опасность отдельных видов автотранспортных отходов

Класс опасности	Наименование отхода
<i>1 класс</i>	- изделия, устройства, приборы, потерявшие потребительские свойства, содержащие ртуть; - шлам, содержащий тетраэтилсвинец (антидетонационные присадки).
<i>2 класс</i>	- отходы, содержащие свинец (в том числе пыль и/или опилки свинца), несортированные; - кислота аккумуляторная серная отработанная; - щелочи аккумуляторные отработанные; - аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с неслитым электролитом
<i>3 класс</i>	- свинцовые пластины отработанных аккумуляторов; - провод медный незагрязненный, потерявший потребительские свойства; - масла автомобильные отработанные; - остатки автомобильных масел, потерявших потребительские свойства; - остатки этиленгликоля, потерявшего потребительские свойства; - аккумуляторы свинцовые отработанные неразобранные, со слитым электролитом.
<i>4 класс</i>	- камеры пневматические отработанные; - покрышки отработанные; - отходы и пыль полимерных материалов из размалывающих устройств.
<i>5 класс</i>	- скрап чугунный и стальной незагрязненный; - тормозные колодки отработанные; - скрап алюминиевый незагрязненный; - резиновые изделия незагрязненные, потерявшие потребительские свойства; - резиновая крошка, резиновый скрап; - отходы изолированных проводов и кабелей.

6.8.3. Опыт зарубежных стран по созданию систем авторециклинга

В зарубежных странах созданы эффективные системы авторециклинга, базовым элементом которых являются аккредитованные (сертифицированные) предприятия по демонтажу ВЭТС — пункты утилизации. Осушение, разборка ВЭТС на этих предприятиях осуществляется по технологиям, рекомендуемым автопроизводителями для конкретных марок АТС. Кроме этого, осуществляется сортировка, маркировка вторичных компонентов, материалов, их отправка на реализацию в торговую сеть или на дальнейшую переработку на специализированные предприятия. Получаемая продукция — вторичные запчасти, материалы — сертифицируются по условиям безопасности применения. Неутилизируемые отходы отправляются для размещения на полигоны.

Экономические аспекты систем авторециклинга наиболее проработаны в Нидерландах. Как механизмы регулирования, они нацелены на удаление автотранспортных отходов с общественной и частной территории при обеспечении экономической целесообразности работы всех участников системы утилизации АТО. Среди факторов эффективной деятельности системы «Авторециклинг» в Нидерландах выделяют следующие:

- Нет стимулов и преимуществ для владельца автомобиля осуществить незарегистрированный экспорт и избежать передачи своего отслужившего автомобиля в систему авторециклинга.
- Взимание налога на утилизацию происходит на стадии продажи нового автомобиля, а не в момент направления на утилизацию.
- Отсутствие взимания оплаты с владельца автомобиля при сдаче ВЭТС.
- Организация успешной и эффективной системы мониторинга, основанной на применении компьютерных баз данных.
- Наличие системы снятия с регистрации автомобилей (дерегистрации), когда обязательным является предоставление сертификата об утилизации, либо сертификата об экспорте. Владелец не освобождается от оплаты налога на автомобиль, пока не предоставит один из данных документов.

Опыт зарубежных стран показывает, что при правильной организации системы сбора и утилизации вышедших из эксплуатации автомобилей удаётся вторично переработать около 80 % их массы.

6.8.4. Переработка автомобильного лома

Одной из сложных проблем при переработке вторичных металлов является переработка автомобильного лома, поскольку такой лом содержит большое количество неметаллических материалов, а также цветных металлов.

В основном применяются два способа. Первый — прессовый с предварительной разборкой. Этот способ трудоемок и малопроизводителен. Второй способ — механизированный, реализуемый на шредерных установках.

Технологический процесс переработки металлолома на такой установке включает следующие операции: подготовку автомобиля; загрузку кузова автомобиля в дробилку; дробление кузова; очистку и сортировку дробленого металлолома; удаление и складирование готовой продукции.

Перед дроблением с автомобиля снимаются шины, топливный бак, аккумулятор, радиатор. Утилизируемые автомобили тщательно контролируются на отсутствие рабочих жидкостей (бензина, масла и других, в первую очередь пожароопасных).

Загрузочное устройство состоит из опрокидывающегося лотка и двух подающих валков. Автомобиль загружается с помощью крана в опрокидывающийся лоток, откуда после переворачивания последнего поступает на вход дробилки, где приводные валки захватывают кузов, сминаят его и подают на дробление (рис. 6.15).

После дробления автомобиля получают три фракции: магнитную (черные металлы), воздушную (неметаллические материалы с низкой плотностью) и фракцию, в которую входят все цветные металлы — алюминий, цинк, медь, а также нержавеющая сталь.

Первичная очистка металлолома от пыли и большей части неметаллических загрязнений осуществляется в процессе измельчения в дробилке с помощью отсасывающего устройства. Дальнейшая очистка происходит в барабанном сепараторе, где неметаллические частицы отделяются от металла за счет трения кусочков лома друг о друга при их движении по барабану.

Очистка воздуха осуществляется сухим и мокрым способами. Сначала воздух очищается с помощью циклонов со спиральными отводами воздуха. Дальнейшая очистка осуществляется в скрубберах. Пыль из циклона и шлам из скруббера затариваются в контейнеры для дальнейшей переработки либо захоронения.

Для измельчения автомобильных кузовов применяют в основном дробилки молоткового типа

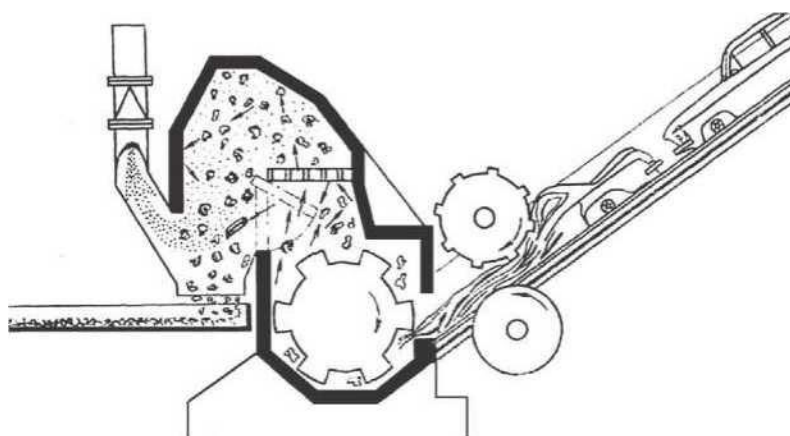


Рис. 6.15. Схема дробильного комплекса с горизонтальным ротором

При измельчении деталей автомобиля образуется пожароопасная пыль полимерных и текстильных материалов, а также взрывоопасные смеси распыленных масел и остатков топлива, имеющих в автомобиле даже после их удаления при

подготовке кузова к утилизации. Пыль воздушной сепарации содержит аэрозоли силикатов и тяжелых металлов и относится к отходам повышенной опасности. Такие пожаро- и взрывоопасные смеси необходимо удалять из дробилки как можно полнее и скорее.

Чтобы уменьшить опасность, применяют следующие защитные меры: смятие и уплотнение автомобиля; подачу инертных газов в дробилку; предварительное охлаждение лома; впрыскивание воды в рабочее пространство дробилки; создание в дробилке предохранительных клапанов и отсасывающих устройств.

Очистка стального лома от неметаллических примесей и небольших частиц цветных металлов производится в барабанном сепараторе с помощью воздушного потока. Кроме того, используется ручная сортировка для отбора крупных фрагментов из цветных металлов.

Готовая продукция, представляющая собой сыпучий продукт с высокой степенью чистоты, с сортировочного конвейера поступает на конвейер готовой продукции, с которого отгружается на склад.

Отобранные неметаллические материалы и цветные металлы складировются отдельно и вывозятся из цеха на другие участки для дальнейшей утилизации на заводе, либо для продажи специализированным предприятиям.

Переработка компонентов автомобильного лома

Утилизация моторного лома. Исходным сырьем являются двигатели внутреннего сгорания, карбюраторы и корпуса коробок передач из литейных алюминиевых сплавов.

Моторный лом загружается в приемный бункер роторной дробилки. Дробленый продукт попадает в сепаратор, где он подвергается магнитной сепарации.

В результате переработки получают два продукта: немагнитный, с размером кусков менее 150 мм, состоящий из алюминиевых сплавов с содержанием железа до 0,2 %, и магнитный, крупностью 3-100 мм с содержанием алюминия до 2 %.

Переработка лома радиаторов. Применяемые в настоящее время типы и конструкции радиаторов можно разделить на четыре группы по видам основных конструкционных материалов: медные, алюминиевые, стальные и комбинированные.

Лом радиаторов подвергают разделке для отделения стальных деталей от цветных металлов ручным, механическим или огневым способами. Радиаторы разделяют ручным способом с помощью инструментов, отделяя железный кожух от корпуса радиатора, затем отделяют патрубки и мелкие железные детали от бачков. Отделенные куски с остатками латуни и припоя сортируют с предварительной визуальной оценкой остатков цветных металлов на кусках железа на две группы: низкокачественные отходы лома меди; лом черных металлов с видимыми

незначительными остатками припоя, латуни или без них. Время разделки одного радиатора составляет 3-4 мин, выработка на одного работающего— 1,8-2,3 т в смену.

Иногда стальной кожух отделяют аллигаторными ножницами. Производительность этого способа разделки по сравнению с ручным ниже, так как отделение железных деталей при этом способе также ведется вручную, и затраты времени на эту операцию остаются такими же, как при ручном способе. Использование же аллигаторных ножниц связано с дополнительными внутрицеховыми перевозками, увеличением себестоимости передела и повышенным переходом продукции в низкокачественную группу.

При огневой резке лом радиаторов разделяют следующим образом. Места крепления кожуха к остову прогревают пламенем резака. Припой плавится и стекает с радиатора. Последовательно прогревая все места пайки, радиатор освобождают от кожуха. На кожухе остается незначительное количество наплывов припоя. Так же отделяются остальные детали из черных металлов.

Радиаторы, у которых кожух крепится с помощью болтов, разделяют путем срезания всех болтов. На месте разделки сортируют полученные продукты. Железные детали, освобожденные от припоя, направляют предприятиям, перерабатывающим вторичные черные металлы. Латунный корпус радиатора поступает на пакетирование. Железные детали с каплями и наплывами припоя или остатками латуни накапливают и отгружают как низкокачественный лом в зависимости от содержания меди. Сердцевину и бачки подвергают пакетированию. Припой, который стекает при оплавлении, накапливают и переплавляют в слитки, которые реализуют как оловянно-свинцовые сплавы в зависимости от содержания олова, сурьмы, свинца, кобальта, никеля.

Общие потери цветных металлов при этом способе разделки радиаторов составляют немного более 4 %.

Огневая резка радиаторного лома сопровождается значительными выделениями вредных веществ. Запыленность воздуха, удаляемого от места разделки, составляет в среднем 87 мг/м³. В пыли содержатся свинец, олово, цинк, медь, т. е. металлы, концентрация которых в воздухе рабочей зоны и в атмосфере населенных пунктов лимитируется санитарными нормами. Поэтому участок, где выполняются эти работы, должен быть обеспечен приточно-вытяжной вентиляцией, а аспирационные газы должны перед выбросом в атмосферу подвергаться очистке.

На металлургических заводах разделанный радиаторный лом в пакетированном виде подвергают металлургическому переделу для выпуска оловянных бронз в чушках.

Разработана технология механизированной подготовки лома радиаторов к металлургическому переделу, которая включает следующие операции: дробление,

грохочение, магнитную сепарацию и пылеулавливание. Широкого применения эта технология пока не нашла.

Утилизация автомобильных свинцовых аккумуляторов

Учитывая непрерывный рост числа автомобилей и аккумуляторной техники, проблема, связанная с накоплением аккумуляторов на несанкционированных свалках, обостряется все сильнее с каждым днем. Подвергаясь бесчисленным внешним воздействиям, аккумуляторы повреждаются, и в окружающую среду попадают активные вредные вещества,

пропитывая почву и добираясь до грунтовых вод. Распространяясь, они отравляют все на своем пути, вызывая угнетение флоры и фауны и постепенную гибель экосистемы пораженной территории.

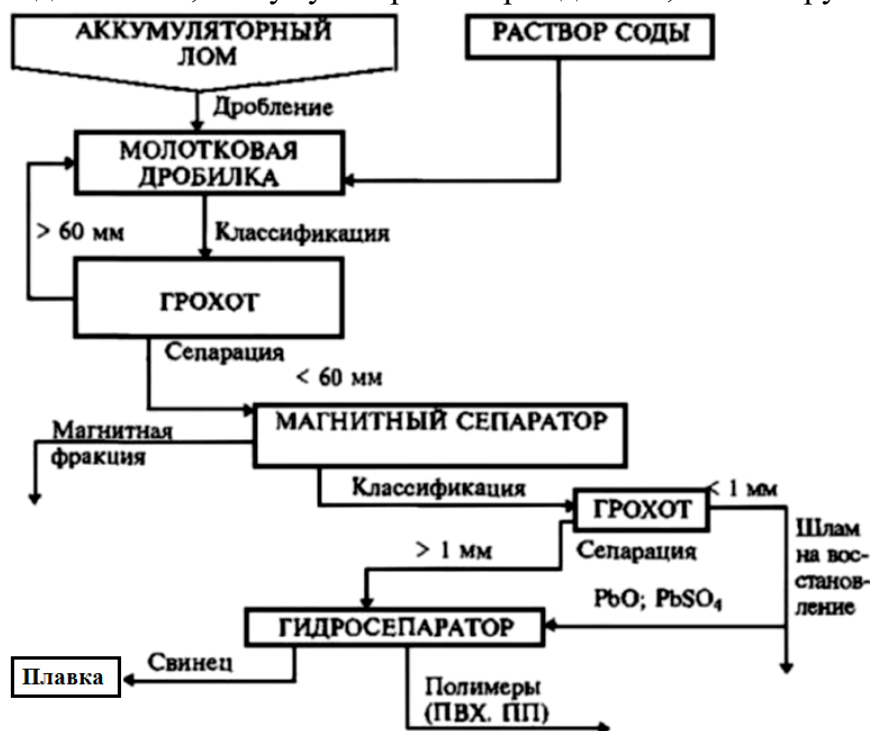


Рис. 6.16. Технологическая схема переработки аккумуляторного лома

Переработка отработанных аккумуляторов является основным способом получения свинца из свинецсодержащего лома и отходов. Утилизация лома аккумуляторов является непростым процессом, хотя и более выгодным, чем первичное получение материала. Сложность переработки лома свинца объясняется его химическим и структурным составом.

Основными операциями при подготовке лома аккумуляторов к металлургическому переделу являются дробление, классификация и сепарация. Технологическая схема переработки аккумуляторного лома приведена на рис. 6.16.

Контрольные вопросы

1. Опишите технологическую линию переработки стекла.
2. Технология переработки макулатуры.

3. Особенности переработки термопластов и реактопластов.
4. Какие Вы знаете передовые технологии по утилизации пластика?
5. Охарактеризуйте проблемы накопления и переработки электронных отходов.
6. Что относится к крупногабаритному лому?
7. Состав автомобиля как вторичного ресурса?
8. Технология утилизации автомобилей и их компонентов?

ГЛАВА 7. ПРОБЛЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ТБО

7.1. Принципы устройства полигонов бытовых отходов

Захоронение на полигонах сегодня является наиболее распространенным в мире способом утилизации отходов. Данный метод применяется к несгораемым отходам и таким, которые при горении выделяют токсичные вещества.

Полигон отходов (ТБО) не является обычной свалкой. Современные полигоны для утилизации – это сложные инженерные сооружения, оснащенные системами борьбы с загрязнениями подземных вод и атмосферного воздуха. Некоторые полигоны умеют перерабатывать газ, образующийся в процессе гниения отходов, в электроэнергию и тепло. К сожалению, сегодня это в большей степени относится к европейским странам, поскольку в Узбекистане в настоящий момент отсутствуют полигоны хранения и переработки бытовых отходов, соответствующие современным требованиям.

Главный минус традиционного захоронения отходов заключается в том, что даже при использовании многочисленных систем очистки и фильтров этот вид утилизации не дает возможности полностью избавиться от таких негативных эффектов разложения отходов как гниение и ферментация, которые загрязняют воздух и воду. Поэтому, хотя относительно других способов утилизации, захоронение ТБО стоит достаточно дешево, экологи рекомендуют перерабатывать отходы, сводя к минимуму тем самым риски загрязнения окружающей среды.

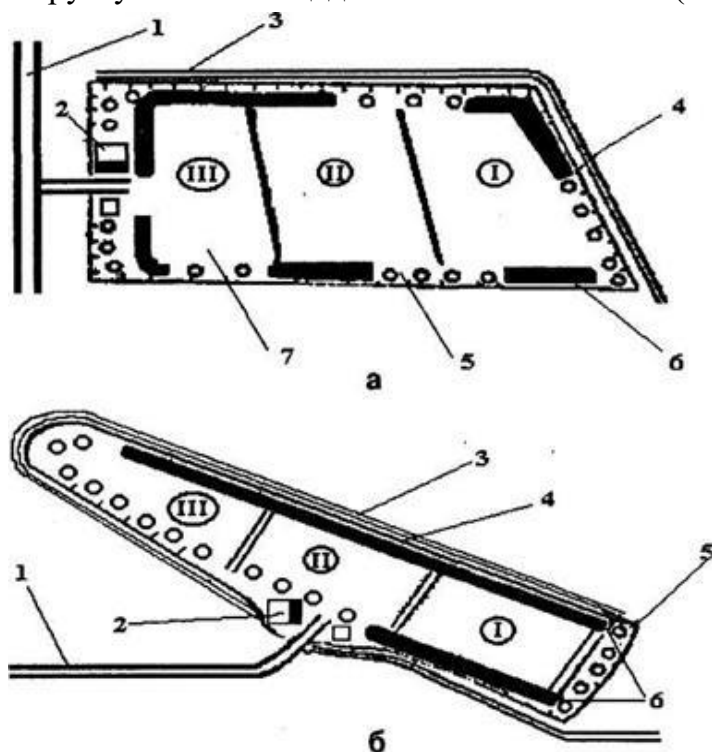
Требования к современным полигонам включают требования к выбору площадки, конструкции, эксплуатации, мониторингу, выводу из эксплуатации, а на Западе, кроме того, к предоставлению страховки на случай форс-мажорных ситуаций.

Полигоны ТБО располагаются за пределами городов. Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границы полигона - 500 м, от аэропорта - 15 км.

Предпочтительным для размещения полигона является участок, сложенный глинами или тяжелыми суглинками (при глубине грунтовых вод не менее 2 м). Запрещается

использование под полигон болот глубиной более 1 м, а также участков, затопляемых паводковыми водами.

Проектируемый срок эксплуатации полигона - не менее 15-20 лет. Необходимая при этом площадь земельного участка и высоты складирования ТБО зависит от численности обслуживаемого населения. Например, для города с населением 0,5 млн. жителей требуется полигон площадью от 20 до 60 га при высоте складирования ТБО, соответственно, от 45 до 12 м. Полигоны ТБО, имеющие общую высоту более 20 м и нагрузку на площадь более 10 т/м² (100 тыс. т/га), относят к категории высоконагружаемых.



высоконагружаемых.

Рис. 7.1. Рекомендуемая схема размещения основных сооружений полигона ТБО:

а – при соотношении длины и ширины полигона ТБО менее 1:2; б – то же при соотношении более 1:3; 1 - подъездная дорога; 2 - хозяйственная зона; 3 - нагорная канава; 4 - ограждение; 5 - зеленая зона; 6 - грунт для изолирующих слоев; 7 - площадки складирования ТБО; I, II и III - очереди эксплуатации.

Основные элементы полигона (рис. 7.1) - подъездная дорога (с двусторонним движением), участок складирования ТБО (занимает 95% площади полигона и ограничивается водоотводной канавой), хозяйственная зона (располагается на пересечении подъездной дороги с границей полигона и включает бытовые и производственные помещения), инженерные сооружения и коммуникации (водопровод, канализация, мачты электроосвещения).

Участок складирования разбивается на очереди эксплуатации (с учетом рельефа местности).

На участке складирования, в основании полигона предусматривается устройство котлована, из которого производится выемка грунта для последующей изоляции ТБО (промежуточной и окончательной). Глубина котлована зависит от уровня грунтовых вод (днище котлована должно быть на 1 м выше уровня грунтовых вод).

Учитывая рельеф местности и очередность складирования ТБО, участок разбивается на несколько котлованов; при уклоне участка более 0,5 м предусматривается каскад котлованов (рис. 7.2). Грунт, вынутый из котлована первой очереди, размещается в кавальерах (насыпях) по периметру полигона. Разность отметок оснований двух смежных котлованов - не более 1 м.

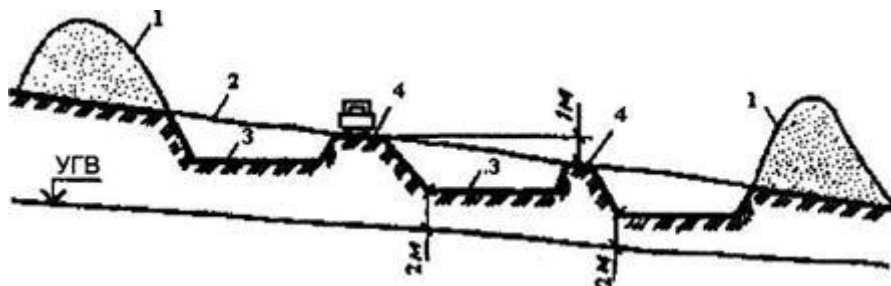


Рис. 7.2. Схема высотного размещения котлована в основании полигона
1 - кавальер грунта для изолирующих слоев; 2 - уровень поверхности участка до разработки котлованов; 3 - горизонтальное основание; 4 - промежуточный вал

Основание котлована - глина толщиной не менее 0,5 м (коэффициент фильтрации воды не более 10^{-5} см/сек). Если грунт характеризуется коэффициентом фильтрации более 10^{-5} см/сек, требуется устройство искусственных непроницаемых экранов. Цель создания противофильтрационного экрана – ограничение потока фильтрата к нижележащим грунтовым водам и предотвращение притока грунтовых вод на уровень выше основания полигона.

В качестве противофильтрационных экранов используются следующие материалы:

- однослойный глиняный экран (толщина не менее 0,5 м), поверх которого укладывается защитный слой из местного грунта (толщина 0,2-0,3 м);
- грунтобитумный экран, обработанный органическими вяжущими материалами или отходами нефтепереработки (толщина 0,2-0,4 м);
- экран из латекса (двухслойный).

Складируемые на полигоне ТБО подвергаются уплотнению и изоляции.

Складируют ТБО на рабочей карте, отведенной на данные сутки. Размеры рабочей карты: длина 30-150 м, ширина 5 м. Мусоровозы разгружают ТБО у рабочей карты. Бульдозеры сдвигают ТБО на рабочую карту, создавая слой высотой 0,3-0,5 м.

7.2. Опыт захоронения ТБО в зарубежных странах

В России при захоронении ТБО уплотнение в 3-4 раза достигается четырехкратным проходом бульдозера (катка) по одному месту, после чего уплотненный слой ТБО высотой 2 м (12-20 слоев) изолируют грунтом, инертными материалами (отходы

строительства, шлаки) или полученным из ТБО компоста. Слой промежуточной изоляции - 0,15-0,25 м.

На европейских полигонах практикуется ежедневное изоляционное покрытие складированных ТБО. Для покрытия используют слой грунта толщиной не менее 0,15 м, либо используют химическую пену или полимерные пленки. Ежедневная изоляция препятствует рассеянию отходов, улучшает внешний вид полигона, препятствует распространению запахов и возникновению пожаров.

В ряде европейских стран на одном и том же полигоне, помимо ТБО, складировывают на специализированных участках промышленные отходы, отходы строительства, осадки сточных вод и пр. Кроме того, на полигонах проектируются участки компостирования растительных и других биоразлагаемых органических отходов, участки сортировки отходов и хранения вторичного сырья.

Промышленные отходы, допускаемые для совместного складирования с ТБО, не должны быть взрывоопасными и самовозгорающимися и не должны иметь влажность более 85%; токсичность смеси отходов не должна превышать токсичность ТБО (по данным анализа водной вытяжки).

Порядок депонирования отходов в Германии регулируется соответствующими нормативными документами, в частности Положением о складировании. Все полигоны для депонирования классифицируют на шесть типов полигонов в зависимости от вида и категории складированных на них отходов: наземные полигоны (классов 0, I, II, III), монополигоны и подземные полигоны класса IV. Инертные отходы направляются на полигон класса 0.

Бытовые отходы городов и населенных пунктов складировываются на полигоны классов I, II в зависимости от предварительной обработки отходов. Более высокие требования предъявляются к полигонам класса III, куда складировываются специальные (токсичные) отходы, содержащие вредные вещества с высокой степенью выщелачивания и способные к миграции и эмиссии в процессе хранения на полигоне. Под монополигоном понимают полигон или часть полигона классов 0, I, II, III, где размещают специфические отходы, совместимые друг с другом по своему виду, содержанию вредных веществ и реактивному поведению, не смешивая их с отходами других видов.

С июня 2005 г. в Германии запрещено складировать на полигоны необработанные бытовые отходы. Установлены критерии качества складированных на полигоны отходов, а точнее той субстанции, что остается от предварительной обработки бытовых отходов: БПК – биологическая потребность в кислороде исходной субстанции менее 5 мг O₂ на 1 кг окисленного органического вещества за 4 суток, выход газа менее 20 литров на 1 кг беззольного вещества, выход летучих веществ менее 0,8 % по массе исходной

субстанции (для полигонов класса I - менее 0,4 %), сухой остаток в жидкой фазе - менее 300 мг/л, содержание органических веществ в сухом остатке после механико-биологической обработки менее 18 %. Технология устройства полигона в Германии показана на рис. 7.3 – 7.5.



Рис. 7.3. Выгрузка первых материалов на поверхностном фильтрующем слое



Рис. 7.4. Доставка и выгрузка отходов



Рис. 7.5. Профилирование и уплотнение поверхности с помощью катка



Рис. 7.6. Послойное размещение отходов с помощью катка и бульдозера

7.3. Захоронение отходов в Узбекистане

Порядок захоронения бытовых отходов в РУз рассмотрим на примере г. Ташкента.

В Ташкенте имеется 11 автотранспортных пунктов, которые располагают 520 единицами специальной техники: мусороборочными машинами (485 единиц), самосвалами и контейнеровозами. В городе установлено 525 оборудованных мусоросборочных площадок и 136 мусоросборочных модулей, работают три перегрузочные станции.

Среднегодовой объём вывоза отходов — 1,34 миллиона кубометров или 650 тысяч тонн. В зависимости от времени года в сутки вывозится 1800-2000 тонн отходов. Ежегодно объём мусора, производимого ташкентцами, возрастает на 5-7 %.

Сбор и вывоз отходов производится ГУП «Махсустрэнс» (доля 67 %) и частными компаниями по вывозу отходов (доля 33 %). До 2028 года планируется постройка за пределами города четырех мусороперерабатывающих заводов, на которых будет перерабатываться 60% отходов.

Все мусорные машины после забора мусора с закреплённой за ними территории направляются на перегрузочные станции. Мусороперегрузочных станций в Ташкенте три: Яккасарайская, Юнусабадская и Яшнабадская. Сюда свозится мусор из контейнеров МСП, перегружается в цистерны объёмом 10 м³ и прессуется для уменьшения объёма. На Яккасарайской станции перед помещением в цистерны мусор сортируется для извлечения перерабатываемых отходов.



Рис. 7.7. Выгрузка отходов на Яккасарайской мусороперегрузочной станции

Далее цистерны грузятся специальными приспособлениями на тягачи и транспортируются на Ахангаранский полигон (рис. 7.8).

Ахангаранский полигон утилизации бытовых отходов расположен примерно в 22 км от границы города. Полигон работает с 1966 года, за это время на нём захоронены 20 миллионов кубометров отходов. Когда-то это был большой овраг глубиной 18 метров, сейчас он на 98-99% заполнен. Площадь захоронений 59 гектаров.

Нагромождения мусора, местами воспламеняющиеся, источают резкий и неприятный запах. Это объясняется образованием и возгоранием метана. Кроме того, имеющееся среди мусора битое стекло фокусирует солнечные лучи и инициирует возгорания.



Рис. 7.8. Общий вид Ахангаранского полигона ТБО

Рабочие, сортирующие мусор, работают без индивидуальных средств защиты, что является крайне опасным для здоровья. Согласно заключению врачей-токсикологов Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи, во время гниения органических остатков кроме метана образуется сероводород. При постоянном нахождении в условиях с высоким содержанием метана в воздухе у человека могут появиться симптомы, как при отравлении угарным газом. Наблюдаются обострение хронических заболеваний и воспаление дыхательных путей, головная боль, тошнота. Но еще более опасен сероводород, особенно когда он накапливается в больших концентрациях в нижних пластах мусора. При выбросе на поверхность сероводород может вызвать смертельное отравление. При работе в среде с низким содержанием сероводорода последствиями могут быть энцефалопатия, хронический и обструктивный бронхит, бронхиальная астма, токсический гепатит.

Выбросы газа можно было сократить путем рекультивации — засыпания мусора слоями земли (принцип слоеного пирога). Планировалось также бурение скважин и откачивание метана из глубины захоронения с целью последующего сжигания (дегазация). Однако эта система до сих пор не работает.

Президент Шавкат Мирзиёев отметил, что необходимо закрыть Ахангаранский полигон. Полигон почти полностью заполнен, и нужно строить новый. Корейская компания «Sejin G&E Co., Ltd» начала разрабатывать проект строительства предприятия по переработке метана в электроэнергию за счет преобразования свалочного газа. Предполагается бурение 1100 скважин для отвода метана и подачи его для нужд населения. Стоимость технологии — 55 миллионов долларов. Также есть проект

создания электростанции, работающей на метане, отводимом от захороненных отходов, её мощность может достичь 15 мегаватт. Срок работы электростанции — более 25 лет. Рядом со старым мусорным полигоном выделили землю площадью 30 гектаров. Сооружение полигона профинансирует Азиатский банк развития.



Рис. 7.9. Выгрузка отходов и сортировка мусора на Ахангаранском полигоне

Нынешний полигон вскоре будет законсервирован и засыпан грунтом.

Рядом запланирован новый полигон, который будет сооружаться при помощи Республики Корея. Он будет иметь площадь 30 га, но будет более ёмким за счёт многократного уплотнения грунта 50-тонным катком. Такое уплотнение, кроме компактности, вместе с защитной плёнкой предотвратит выход пожароопасного метана. Новый полигон будет построен по современным технологиям, что исключит попадание загрязнений в воздух и в почвенные воды.

7.4. Воздействие полигонов ТБО на окружающую среду

Воздействие полигона на ОС происходит по основным природным компонентам: почва, грунтовые воды и атмосферный воздух.

Схема загрязнения природной среды свалками, полигонами, накопителями отходов следующая: дождевые и талые воды, фильтраты загрязняют почвы и подземные воды; летучие компоненты (сероводород, галогеносодержащие газы, ароматические углеводороды, продукты горения) загрязняют атмосферу.

Ярким примером вредного воздействия является Ахангаранский полигон, как уже говорилось выше. В утреннее и вечернее время при безветренной погоде над всей территорией полигона и соседними селами нависает газовый смог. В результате на ближайших полях нет ни насекомых, ни птиц, ни животных.

По данным украинских ученых выбросы метана от свалок ТБО составляют 69,6% от общего выброса парниковых газов от отходов.

Обитающие на свалках ТБО крысы являются потенциальными разносчиками возбудителей инфекционных заболеваний. Наряду со свалками и полигонами, зачастую источниками загрязнения литосферы являются поля фильтрации очистных сооружений сточных вод, склады минеральных удобрений и ядохимикатов, животноводческие фермы и др.

Активными ксенобиотиками являются тяжелые металлы, т.е. металлы с плотностью более 8 г/см³ (свинец, цинк, олово, кадмий, ртуть, молибден, никель, медь, кобальт, сурьма и др.). Наиболее токсичными для почв химическими элементами являются: хром, мышьяк, никель, молибден, свинец, кадмий, фтор.

Загрязнение почв тяжелыми металлами чрезвычайно опасно еще и потому, что процесс самоочищения почв от них идет очень медленно. Большую опасность для литосферы представляют и широко применяемые в сельском хозяйстве пестициды.

Необходимо отметить, что в толще уже закрытого полигона ТБО процесс анаэробного разложения органических веществ микроорганизмами продолжается в течение 50-100 лет. Все это время он остается потенциальным источником загрязнения литосферы.

Основное воздействие на почву и подземные воды оказывается «фильтратом» отходящих с полигона вод, в связи с чем регламентируется контроль за состоянием грунтовых вод выше и ниже полигона (на расстоянии 50-100 м). Если содержание загрязняющих веществ превысит ПДК грунтовых вод, должны быть приняты меры по ограничению поступления этих веществ в грунтовые воды (до уровня ПДК).

Многие исследователи отмечают не только сильное поверхностное загрязнение почв на больших территориях, но и загрязнение подземных вод и грунтов до глубин более 20 м. Также воды фильтратов могут привести к загрязнению поверхностных вод по Fe, Ba, Cr, P, Ti, Ni, нитратам, аммонии и Cl от 2 до 100 ПДК. Кроме того, в составе загрязнений часто присутствуют токсичные для живых организмов Co, Mo, W, V, Zr, Pb, Bi, Zn, Li, Sr в количествах, многократно превышающих ПДК.

Просачивающиеся воды свалок образуются при воздействии на них атмосферных осадков и грунтовых вод. Из полигонов промышленных отходов вымываются вещества, содержащиеся в самих отходах, а из хранилищ бытового мусора (в первую очередь) – продукты брожения и гниения. Особенно критически необходимо оценивать старые свалки, в которых не проводилось обычное для настоящего времени разделение бытовых и промышленных отходов.

7.5. Кинетика процессов разложения ТБО на полигонах

Процессы, происходящие при разложении ТБО на полигонах, представлены на рис. 7.10.

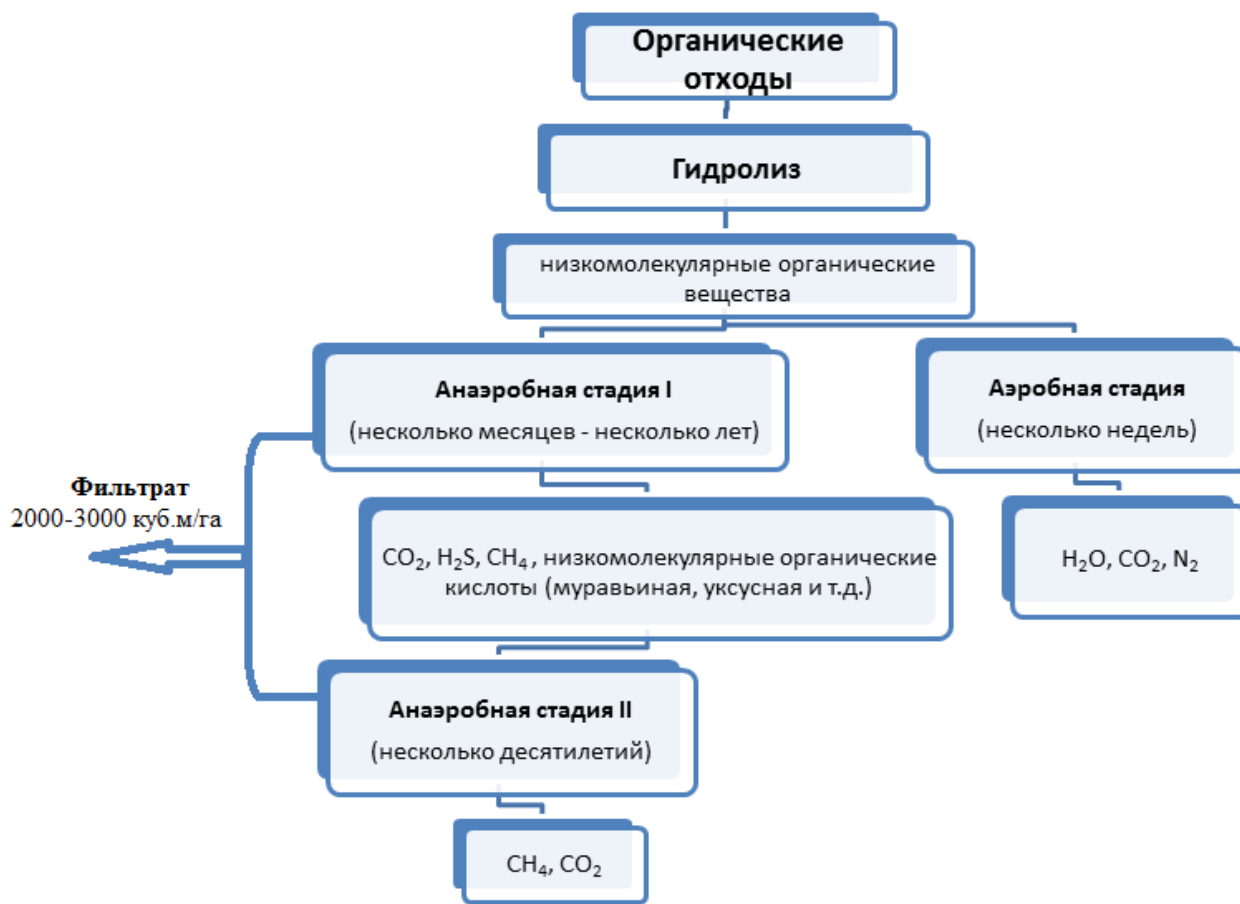


Рис. 7.10. Основные стадии разложения и состав образующихся продуктов при полигонном захоронении ТБО

В результате реакции *гидролиза* образуются низкомолекулярные органические вещества, которые в течение нескольких недель проходят стадию кислородно-нитратного окисления¹⁷ и разлагаются в *аэробных* условиях до воды, диоксида углерода и азота. При протекании этих процессов в теле полигона отмечается повышение температуры.

Для анаэробных условий характерна стадия распада продуктов гидролиза. При этом можно выделить две фазы (стадии) — фазу I (кислотная) и фазу II (метаногенная). Продолжительность первой стадии – от 1 до 6 месяцев. В итоге процессов ферментации и восстановления сульфатов органические вещества разрушаются до низкомолекулярных кислот (образуются, в частности, муравьиная, уксусная и пропионовая кислоты), диоксида углерода и сульфида водорода; в небольших

¹⁷ В процессе разложения органики некоторыми микроорганизмами окисление осуществляется с помощью кислорода нитратов. При этом нитраты восстанавливаются до нитритов, газообразных форм азота

количествах выделяется метан. При этом образуются промежуточные продукты - карбоновые кислоты и спирты.

В метаногенной стадии разложения органических веществ (фаза II) образовавшиеся ранее жирные кислоты используются метанообразующими бактериями для производства метана. Стадия анаэробного разложения органических веществ растянута во времени и продолжается в течение 8-40 лет, причем первые 3 года процесс образования метана протекает неустойчиво. В толще свалки на различной глубине происходят разнообразные микробиологические процессы (рис. 7.11).

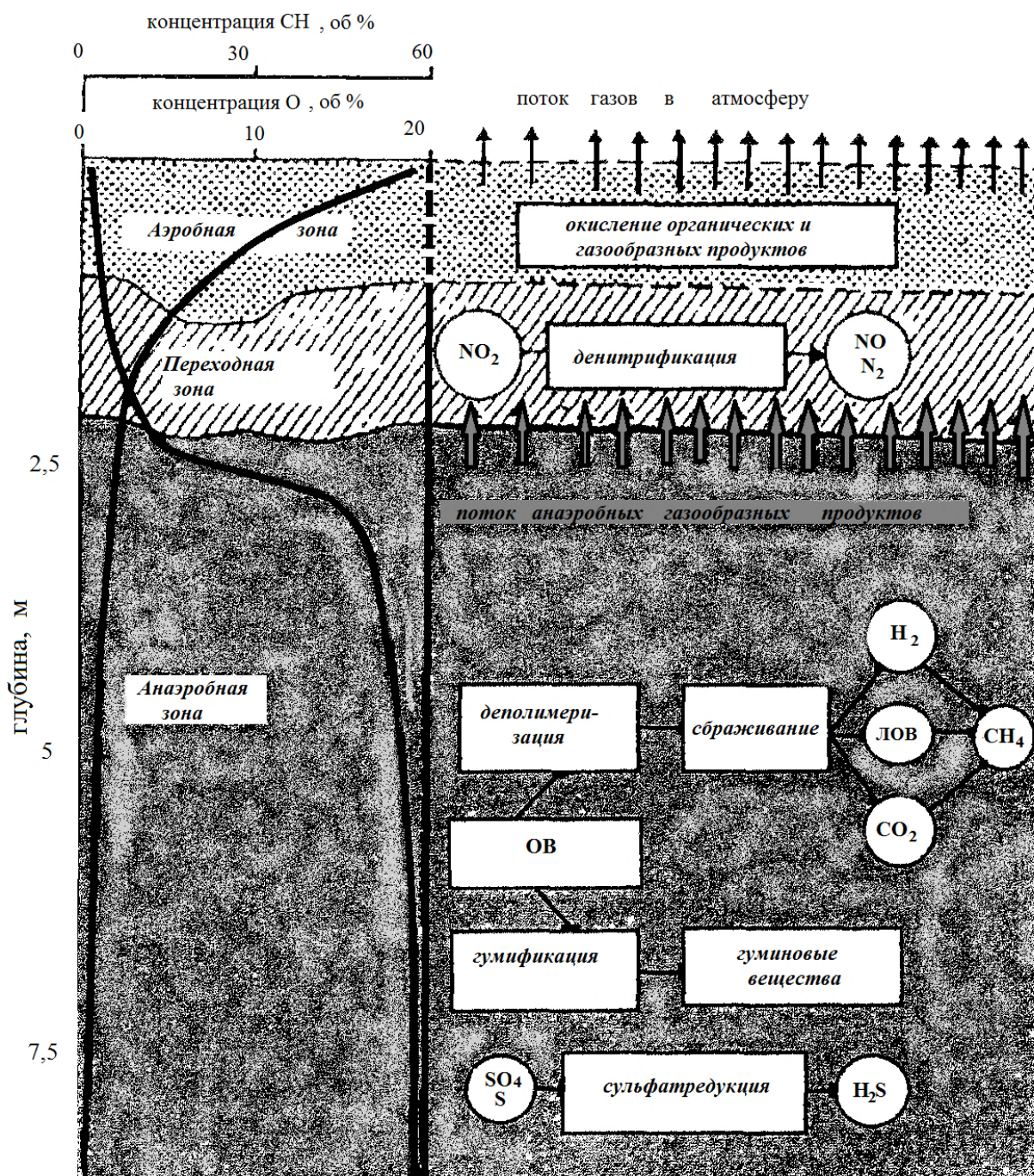


Рис. 7.11. Вертикальное распределение микробиологических процессов в толще свалки:

ОВ – органические вещества, ЛОВ – летучие органические вещества

Чем выше содержание влаги, тем активнее происходит биологическое разложение отходов в анаэробных условиях. При содержании влаги менее 20% активность анаэробных процессов значительно снижается. Современные технологии полигонного захоронения ТБО обуславливают медленное разложение отходов (попадание воды в толщу полигона затруднено); то же самое характерно для полигонов, расположенных в засушливых регионах.

По мере снижения выхода биогаза начинается последняя стадия разложения органических отходов — стадия образования гумуса. Её продолжительность - до 40 лет.

7.6. Сбор и обезвреживание фильтрата

Фильтрат, образующийся на полигонах ТБО, содержит продукты выщелачивания водорастворимых соединений и продукты разложения отходов. В среднем годовой объем образующегося фильтрата составляет 2-3 тысячи м³/га. Его состав зависит от срока эксплуатации полигона (от стадии разложения отходов), состава складированных отходов и объема поступления поверхностных и грунтовых вод.

Фильтрат из ТБО характеризуется преимущественно по интегральным показателям – биохимической потребности в кислороде (БПК) и химической потребности в кислороде (ХПК), а также по содержанию тяжелых металлов, аммонийного азота и некоторых других веществ.

Выбор процесса обработки зависит от качества просачивающихся сточных вод. Опасные компоненты в таких водах могут быть нейтрализованы. Процесс обработки часто может быть осуществлен за один этап, как, например, при нейтрализации сильных кислот и щелочей, либо путем окислительно-восстановительных реакций. В других случаях процесс очистки нередко осуществляется в несколько этапов: подготовительный и заключительный процессы. Многоступенчатый процесс может потребоваться и для биологической обработки с целью извлечения таких веществ, которые могут мешать биологической деградации опасных компонентов или разложению ила, содержащего такие вещества.

Для предварительного выбора метода очистки сточных вод необходимо тщательное определение свойств дренажных сточных вод. Параметры, которые наиболее часто используются для оценки потенциальных возможностей процесса очистки дренажных вод, представлены в табл. 7.1 и 7.2.

Просачивающиеся воды должны улавливаться дренажной системой (рис. 7.12) и отводиться на очистные сооружения. Дренажная система должна обеспечивать контролируемый отвод просачивающихся вод.

Табл. 7.1

Усредненные характеристики просачивающихся вод из хранилищ (свалок) городского бытового мусора (через 6-8 лет после закладки на хранение)

Характеристика	Показатели
Значение рН	6,5-9,0
Сухой остаток	20000 мг/л
Нерастворимые вещества	2000 мг/л
Электрическая проводимость (удельная)	(20 °С) 20 000 мкСм*/см
<i>Неорганические компоненты</i>	
Соединения щелочных и щелочно-земельных металлов (в расчете на металл)	8000 мг/л
Соединения тяжелых металлов (в расчете на металл)	10 мг/л
Соединения железа (общее Fe)	1000 мг/л
NH ₄ (в расчете на N)	1000 мг/л
SO ₄ ²⁻	1500 мг/л
HCO ₃ ⁻	10000 мг/л
<i>Органические компоненты</i>	
БПК ₃	4000 мг/л
ХПК	6000 мг/л
Фенол	50 мг/л
Детергент	50 мг/л
Вещества, экстрагируемые метиленхлоридом	600 мг/л
Органические кислоты, отгоняемые с водяным паром (в пересчете на уксусную кислоту)	1000 мг/л

*См – сименс, единица измерения электропроводимости

Табл. 7.2

Состав дренажных вод (бытовой мусор без предварительной обработки)

Параметр	Размерность	Кислотное брожение	Метановое брожение
рН	[-]	5,5-7,5	7,2-9
ХПК	[мг O ₂ /л]	4000 - 60000 В среднем 20000	250 - 5000 В среднем 3000
БПК ₅	[мг O ₂ /л]	3000 - 45000 В среднем 15000	80 - 500 В среднем 300
Общий органический углерод	[мг С/л]	2000 - 20000	200 - 3000
Азот общий	[мг / л]	200- 1500 (В среднем 1000)	
Абсорбируемые органические галогениды	[мг/л]	0,3 - 3,5 В среднем 2.0	

Обезвреживание фильтрата можно производить либо в месте его образования, либо на городских очистных сооружениях.

К очистным сооружениям фильтрат транспортируется по герметичному трубопроводу, стоимость которого в ряде случаев может быть сопоставима с затратами на строительство самого полигона. Способы очистки фильтрата представлены в табл. 7.3

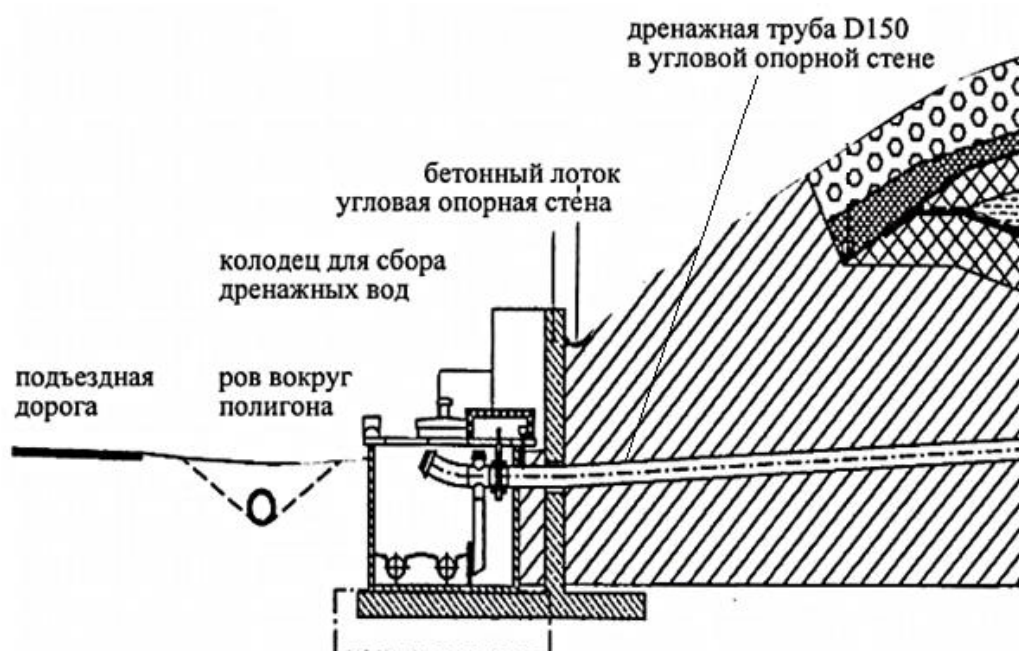


Рис. 7.12. Сбор дренажных вод полигона

Таблица 7.3

Возможные методы очистки фильтрата

Загрязнения, подлежащие утилизации	Метод очистки
Органические вещества для получения органических удобрений и кормовых концентратов	Отстаивание, окисление биохимическое в азротенках, биофильтрах
Поверхностно-активные вещества	Флотация
Масла, фенолы, триэтилсвинец	Экстракция
Поверхностно-активные вещества, масла, фенолы, триэтилсвинец	Флотация, экстракция, азеотропная отгонка
Все извлекаемые вещества	Отстаивание, ионный обмен
Ионы металлов, аммиак	Ионный обмен
Нефтепродукты	Отстаивание, реагентная обработка,
Аммиак	Ионный обмен
Сероводород, сера	Подкисленная аэрация
Смесь азотных удобрений с преобладанием селитры	Ионный обмен, хлорирование, подщелачивание

Практически применяют два метода обезвреживания фильтрата (дренажных сточных вод):

▪ биологическая очистка (в присутствии активных бактериальных культур, которые разрушают и используют органические вещества для синтеза своих клеток, например, в установках с активным илом, в аэрационных прудах и др.);

▪ физико-химическая очистка (чаще всего реагентная – для очистки от тяжелых металлов).

Следует отметить, что количество образующегося фильтрата зависит, при прочих равных условиях, от технологии захоронения - степени уплотнения ТБО и высоты их складирования. Высокий полигон является предпочтительным с точки зрения защиты окружающей среды (уменьшается удельный объем фильтрата). В соответствии с европейской практикой полигоны высотой менее 10 м проектируют редко.

Контрольные вопросы

1. Какие этапы включает в себя жизненный цикл отходов?
2. Что понимают под размещением отходов?
3. Какие известны способы хранения и захоронения промышленных отходов?
4. Перечислите виды полигонов для захоронения отходов.
5. Как осуществляется захоронение отходов в РУз?
6. В чем заключается влияние полигонов ТБО на окружающую среду?
7. Как осуществляется сбор и обезвреживание фильтрата?

ГЛАВА 8. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА СКОРОСТИ И ОБЪЕМА ЭМИССИИ

8.1. Состав и физические свойства биогаза

Как было сказано раньше, при разложении органических отходов в анаэробных условиях образуется биогаз, представляющий собой газообразное биотопливо.

Физические свойства биогаза: плотность $\rho = 1,07 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$; теплота сгорания очищенного от примесей биогаза $Q = 1800-25100 \text{ кДж/м}^3$, что составляет половину аналогичного показателя природного газа. При содержании в биогазе 50% метана и 45% углекислого газа 1 м^3 биогаза имеет теплоту сгорания около $18\,500 \text{ кДж}$ ($5,14 \text{ Вт}$). Влагосодержание биогаза зависит от температуры и давления. Газ может быть

насыщен или не насыщен влагой. В среднем биогаз содержит от 25% до 45% влаги. Атмосферные осадки, поверхностные и подземные воды являются источниками дополнительной влаги.

В зависимости от возраста полигона и условий брожения состав биогаза меняется. На рис. 8.1 представлены графики изменения состава биогаза в течение процесса разложения органической части ТБО на полигоне.

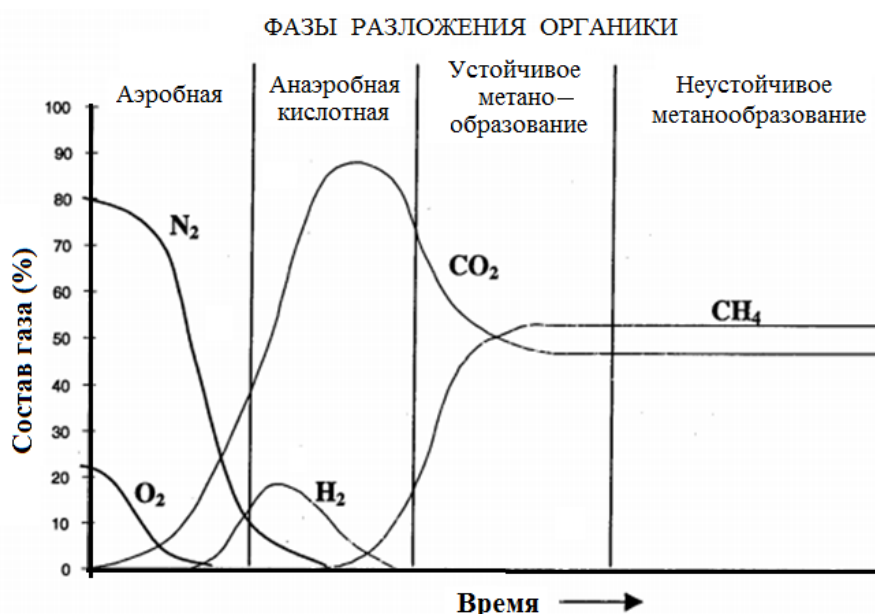


Рис. 8.1. Изменение состава свалочного газа по этапам разложения отходов

Для оперативной оценки состояния систем дегазации полигонов состав биогаза можно принимать по табл. 8.1. Кроме указанных в табл. 8.1 компонентов в биогазе могут в небольших количествах присутствовать CO, H₂, H₂S. Физические свойства компонентов биогаза представлены в табл. 8.2.

Таблица 8.1.

Состав биогаза на полигонах при различных условиях

Тип биогаза*	Метан, %	Диоксид углерода, %	Кислород, %	Азот, %
1	55	45	-	-
2	40	30	6	24
3	45	35	1	18
4	35	30	5	30

Примечание:* Тип 1 - чистый биогаз, полученный в анаэробных условиях, тип 2 - в биогазе присутствуют кислород и азот в соотношении, свойственном атмосферному воздуху. Воздух поступает за счет неплотностей во всасывающем трубопроводе; тип 3 - над поверхностью свалки засасывается воздух, кислород которого используется в микробиологическом процессе; тип 4 - комбинация типов 2 и 3.

Физические свойства компонентов биогаза

Свойства	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	CO	N ₂
Относительная плотность ¹⁸	0,555	1,520	0,069	1,190	0,967	0,967
Горючесть	есть	нет	есть	есть	есть	нет
Взрывчатость*, %	5-15	нет	4-75,6	4,3-45,5	74	нет
Температура горения, °С	650	-	560	270	605	-
Запах	нет	нет	нет	есть	нет	нет
Токсичность	есть	нет	есть	есть	есть	нет

* Взрывчатость компонентов газа в смеси с воздухом указана для температуры 20°С и давлении 1 атм. верхней и нижней границы взрыва. Взрывчатость выражается в объемных процентах концентрации данного газа.

8.2. Математические модели для расчета скорости и объема эмиссии биогаза при разложении отходов.

В зависимости от уровня эмиссии биогаза в атмосферу и степени разбавления воздухом, биогаз может оказывать токсическое воздействие на живые организмы и растения, вызывать опасные явления, которые необходимо учитывать и предупреждать: взрывы и пожары; наличие токсичных и канцерогенных веществ и одорантов, неблагоприятно влияющих на население; наличие компонентов, токсичных для растений и животных; нагрузка на окружающую среду в виде вредных компонентов биогаза и фотоокислителей; воздействие на озоновый слой; возникновение парникового эффекта.

В зависимости от уровня образования биогаза и вероятности возникновения неблагоприятных явлений свалочные тела подразделяются на:

- 1) Безопасные, где свалочные грунты газохимически инертны, содержание метана в приземном слое менее 0,1 об. % и CO₂ менее 0,5 об.%;
- 2) Потенциально опасные свалки, где содержание метана в приземном слое более 0,1 об. % и CO₂ более 0,5 об. % ;
- 3) Опасные, с содержанием метана в приземном слое > об. 1,0% и CO₂ до 10%;
- 4) Опасные, где содержание метана в приземном слое до 5 об. % при CO₂ ≥ 10 об.%;
- 5) Пожаро- и взрывоопасные, с содержанием метана > 5,0 %, и CO₂ ≥ 10%.

¹⁸ Относительная плотность газа — это отношение молярной массы данного газа к молярной массе того газа, по которому она находится.

Биогаз способен перемещаться на большие расстояния под действием градиента давления и молекулярной диффузии. К неконтролируемому движению (миграции) биогаза приводят усадка слоев, трещины и разрывы окончательного покрытия.

Горизонтальная миграция возникает при слабопроницаемом (синтетическом) покрытии и неуплотненном основании полигона. Вертикальная миграция возникает при хорошо уплотненном основании полигона и высокопроницаемом покрытии. На перемещение биогаза влияют: пористость грунта (чем больше объем пор, тем больше эмиссия газа и его распространение); влагосодержание (рыхлый грунт с незначительным влагосодержанием способствует выделению газа, и, наоборот, плотный влажный – препятствует); состав отходов; конструкция полигона.

Максимальное расстояние от тела полигона, на которое может удалиться биогаз в зернистом грунте определяется: $D=10H$, где: D - расстояние, на которое удаляется биогаз, м; H – глубина отходов, м.

Барьерами миграции могут служить глубокий снег, водонасыщенные грунты; грунтовые воды; канавы, наполненные водой, в окрестностях полигона и на полигоне; естественный плотный слой грунта.

Несмотря на большое количество исследований, до настоящего времени проблема измерения и прогноз масштабов образования биогаза до сих пор не решена до конца.

Для определения объемов и скорости выделения биогаза могут быть использованы следующие методы:

- теоретический, основанный на стехиометрических расчетах процессов минерализации органических компонентов ТБО, приводящих к образованию биогаза, а также на использовании моделей биологического разложения;

- подсчет запаса по потокам газа на поверхности свалочного тела путем измерения газовой эмиссии с поверхности полигона;

- подсчет запаса по газогенерирующей способности свалочных отложений при изучении образцов в лабораторных условиях;

- подсчет запаса по углеродному потенциалу ТБО, путем пирометрического сжигания свалочного грунта в специальных установках.

К настоящему времени разработано значительное количество упрощенных математических моделей, целью которых является определение эмиссии биогаза (метана) в зависимости от различных исходных параметров.

Например, по методике МГЭИК, выбросы метана от объектов размещения твердых бытовых отходов определяются по формуле (8.1).

$$E_{CH_4} = (MSW \cdot MCF \cdot DOC \cdot DOC_F \cdot F \cdot \frac{16}{12} - R) \cdot (1 - OX) \quad [\text{Гт/Год}] \quad (8.1),$$

Где MSW – годовое количество твердых бытовых отходов, вывезенных на полигоны, тыс. т/год;

MCF – коэффициент коррекции потока метана, который определяется согласно табл. 8.3;

DOC – количество способного к разложению углерода, тыс. т C/тыс. т ТБО, который рассчитывается по формуле (8.2);

DOC_f – доля углерода, которая фактически разлагается (типичное значение 0,77);

F – доля метана в составе образующихся газов на полигонах ТБО (типичное значение 0,5); 16/12 – соотношение молекулярных масс метана и углерода;

R – количество утилизированного метана полигонов ТБО с получением энергии, тыс. т/год,

OX – коэффициент окисления метана (типичное значение 0).

Примечание – для перевода выбросов метана в эквивалент диоксида углерода необходимо умножить полученный результат на коэффициент перевода 1 т метана в 1 т диоксида углерода, равный 21.

Табл. 8.3.

Величины коэффициентов коррекции потоков метана на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО)

Тип полигона	Поправочный коэффициент потока метана
Контролируемый *	1
Неконтролируемый – с высотой отвала больше 5 м	0,8
Неконтролируемый – с высотой отвала меньше 5 м	0,4
Прочие	0,6

* *контролируемый полигон ТБО – полигон, на котором осуществляется «продувка» - вентиляция, обеспечиваемая посредством закладки перфорированных труб в тело отходов; производится защита от возгораний, а также выполняются некоторые из условий: отходы чем-либо покрываются либо осуществляется их механическое спрессовывание, либо отходы укладываются послойно*

Количество способного к разложению углерода, тыс. т C/тыс. т ТБО, который рассчитывается по формуле

$$DOC = 0,4 \cdot A + 0,17 \cdot B + 0,15 \cdot C + 0,3 \cdot D, \quad (8.2)$$

Где А – доля бумаги и текстиля в ТБО, обычно А = 40 %;

B – доля отходов парков или других непищевых органических материалов, способных к разложению в анаэробных условиях в ТБО, обычно $B = 17 \%$;

C – доля пищевых отходов в ТБО, обычно $C = 15 \%$;

D – доля древесных отходов или соломы в ТБО, обычно $D = 30 \%$.

Более точно значения A , B , C , D определяются по морфологическому составу ТБО на полигоне. В качестве исходных данных используется количество ТБО, вывезенных на полигон за календарный год. Для Ташкента эта цифра составляет 650 тыс. т/год (на 2019 г.).

Американское агентство по охране окружающей среды ведет постоянный мониторинг эмиссий биогаза на полигонах ТБО, данные которого облегчают использование расчетных моделей, так как позволяют назначать некоторые параметры в виде констант. Для оценки глобальных эмиссий US EPA рекомендует следующую методику.

Для больших полигонов вместимостью более 1,1 млн Тонн, расположенных во влажной климатической зоне с годовым количеством осадков более 650 мм, количество образующегося метана определяется следующим образом:

$$M_{CH_4} = 0,0077 \cdot (0,26W + 417,957) \pm 15 \%, \quad [т/год] \quad (8.3)$$

Где W — общее количество захороненных отходов, тонн.

Для южных полигонов, расположенных в сухой зоне с годовым количеством осадков менее 650 мм:

$$M_{CH_4} = 0,0077 \cdot (0,16W + 417,957) \pm 15 \%, \quad [т/год] \quad (8.4)$$

Соответственно для малых полигонов (вместимостью менее 1,1 млн тонн):

- во влажной зоне $M_{CH_4} = 0,0077 \cdot (0,35W + 417,957) \pm 20 \%, \quad [т/год] \quad (8.5)$

- в сухой зоне $M_{CH_4} = 0,0077 \cdot (0,27W + 417,957) \pm 20 \%, \quad [т/год] \quad (8.6)$

Недостатком этих моделей является невысокая точность оценки $\pm 15...20\%$, особенно для малых полигонов. Во-вторых, модель основана на данных, полученных при рекуперации выделившегося метана, которые по отношению к метанообразованию являются косвенными. Поэтому такой способ расчета может использоваться лишь для приблизительных оценок общей эмиссии метана с полигонов в масштабе региона.

8.3. Эмиссия парниковых газов и возможности её сокращения

Из предыдущих параграфов ясно, что макрокомпонентами свалочного газа являются метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2) их соотношение может меняться от 40—70% до 60—30% соответственно. Благодаря такому составу свалочный газ можно

отнести к парниковым газам, что придает ему глобальную значимость и делает его объектом пристального внимания мирового сообщества. Глобальная эмиссия свалочного газа является важным параметром для расчета прогнозных моделей изменения климата Земли в целом.

Первые глобальные оценки потока свалочного метана начали проводиться в прошлом десятилетии. Так, в одной из первых наиболее авторитетных работ 1987 г. было показано, что глобальная эмиссия свалочного CH_4 составляет 30—70 млн т в год, или 6—18% от его общепланетарного потока. При этом отмечалось, что данная величина превышает массу метана, выделяемого угольными шахтами. На основании роста объемов образования ТБО в развивающихся странах делался прогноз о том, что в следующем столетии свалки будут основным глобальным источником метана, потенциал глобального потепления которого в 25 раз выше, чем у CO_2 .

В середине 90-х гг. оценка глобальной эмиссии свалочного метана проводилась экспертной группой Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC), была получена величина равная 40 млн т/год. Практически она подтвердила правильность прежних оценок, и окончательно поставила свалочный метан в реестр основных источников парниковых газов планеты.

Ежегодная эмиссия метана со свалок земного шара сопоставима с мощностью таких общеизвестных источников метана, как болота, угольные шахты и т.д. Сегодня остро стоит проблема стабилизации концентрации в атмосфере этого газа, одного из основных планетарных источников парникового эффекта. Поэтому утилизация биогаза бытовых отходов приобретает важнейшее значение для снижения антропогенной эмиссии метана. Кроме того, метан является причиной самовозгорания свалочных отложений, так как при его взаимодействии с воздухом создаются горючие и взрывоопасные смеси, что приводит к сильному загрязнению атмосферы токсичными веществами.

Так как процесс разложения отходов продолжается многие десятки лет, полигон можно рассматривать как стабильный источник биогаза. Эмиссия биогаза с полигона в зависимости от объема свалочных масс может составлять от нескольких десятков л/с (малые полигоны) до нескольких м³/с (крупные полигоны). Масштабы и стабильность образования, расположение на урбанизированных территориях и низкая стоимость добычи делают биогаз, получаемый на полигонах ТБО, одним из перспективных источников энергии для местных нужд.

Около 30 лет назад в США была предложена новая технология захоронения бытовых отходов — создание громадных биореакторов, в которых дно и стенки изолированы от окружающего грунта, а верхний перекрывающий герметичный слой

предотвращает эмиссию биогаза (его собирают с помощью системы перфорированных труб и используют как топливо). За счет рециркуляции фильтрата в толще свалки повышается влажность, что значительно ускоряет деградацию отходов. Таким образом, достаточно быстро (приблизительно через 10 лет) территорию свалки можно использовать для новых захоронений.

Для существующих традиционных полигонов ТБО возможным путём сокращения эмиссий парниковых газов является предварительное выделение и утилизация части органических отходов, пригодных к повторному использованию (бумага, пластик, текстиль), а также откачка и улавливание выделяющегося свалочного газа. Если собрать и использовать половину образующегося биогаза, то это будет равноценно утилизации 10% отходов, доставленных на полигон. Для сравнения: на таком же уровне оценивается возможная степень утилизации отходов на полигоне при помощи дорогостоящих мусоросортировочных комплексов, причем при сортировке мусора энергия потребляется (25—30 кВтч/т ТБО), а при утилизации биогаза — вырабатывается (50—60 кВтч/т ТБО).

8.4. Мониторинг биогаза на закрытых полигонах

Мониторинг биогаза на полигонах ТБО является частью общего мониторинга, который сопровождает захороненные отходы на протяжении всего жизненного цикла. Минимальный период мониторинга составляет 30 лет с момента прекращения приема отходов. На закрытых полигонах мониторинг загрязнения атмосферы компонентами биогаза проводится каждые шесть месяцев дважды в сутки в течение 7-10 дней подряд. Мониторинг миграции биогаза проводится также в период замерзания грунта и насыщения его водой. Биогаз проверяется на содержание метана, сероводорода, винилхлоридов, бензола, толуола, ксилола. Мониторинг атмосферного воздуха на территории свалки и в зоне ее влияния производится с помощью газоанализаторов или датчиков на поверхности рабочего тела и с помощью сети контрольных скважин, оснащенных приборами для обнаружения CH_4 . Измерение газа в строениях проводится в помещениях, расположенных в верхней и нижней точке склона, с наружной части фундамента на уровне земли, вблизи трещин или отверстий в фундаменте и в полах. Измерения проводятся в строениях, имеющих подвалы, расположенных за пределами санитарно-защитной зоны полигона. Подавление растительности свидетельствует о необходимости принятия мер по ремонту или восстановлению системы дегазации. Осмотр растительности ведется не реже одного раза в год в период максимальной вегетации в течение 10—15 лет после закрытия полигона. По результатам мониторинга

полигона ТБО ежегодно составляется краткий информационный отчет, содержащий оценку состояния полигона и выполнения нормативных требований к санитарному захоронению ТБО, состояния объектов окружающей природной среды и изменений, произошедших за истекший период наблюдений, оценку эффективности инженерных сооружений, рекомендации по коррекции режима эксплуатации полигона и наблюдательной сети.

Контрольные вопросы

1. Опишите типичный состав биогаза. От чего он зависит?
2. Каковы физические свойства биогаза?
3. Как рассчитывают объемы образующегося биогаза?
4. Охарактеризуйте вклад полигонов ТБО в парниковый эффект? Как его снизить?
5. Как осуществляется мониторинг эмиссий на полигонах отходов?

ГЛАВА 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД В МЕСТАХ ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ

9.1. Виды фильтрата полигонов

На полигонах захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) образуются несколько видов сточных вод:

- на участках захоронения отходов в результате инфильтрации атмосферных осадков, выделения отжимной воды и биохимических процессов разложения отходов образуются фильтрационные воды (ФВ);
- на территории хозяйственной зоны - поверхностный сток и хозяйственно-бытовые воды.

Концентрации загрязнений в поверхностном стоке с территории хоздвора составляют: взвешенные вещества - 500 мг/л; нефтепродукты - 30 мг/л; БПК_{полн} – 30 мг/л; ХПК – 150 мг/л; общая минерализация – 500 мг/л.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются на территории хозяйственной зоны и соответствуют по составу городским хозяйственно-бытовым сточным водам:

взвешенные вещества – 100-300 мг/л, БПК_{полн} – 120-300 мг/л, аммонийный азот – 30-50 мг/л.

Объем и химический состав ФВ формируется под влиянием геологических, гидрогеологических, метеорологических, топографических и климатических факторов, морфологии и условий складирования ТБО. Фильтраты неблагоприятны в санитарно-эпидемиологическом отношении, так как содержат различные физиологические группы микроорганизмов, в том числе патогенные и яйца гельминтов.

9.2. Моделирование состава фильтрационных вод в местах хранения отходов

Анализ информации о процессах биохимической деструкции отходов позволяет установить основные факторы, влияющие на состав и объем фильтрационных вод и биогаза. Рассмотрим особенности состава фильтрата в разных фазах разложения органики.

В аэробной фазе (рН=6,5-7,2) (на глубине до 50 - 80 см), длящейся несколько месяцев, протекает гидролиз и окисление пищевых отходов. Большинство металлов подвергаются коррозии с кислородной деполяризацией. Кислоты, образующиеся при окислении органических соединений, способствуют растворению металлов и переходу их в фильтрат. Процессы сопровождаются выделением тепла, и температура тела полигона может достигать 80° С. Рост температуры и присутствие антимикробных соединений абиотического происхождения приводят к гибели или инаktivации патогенных микроорганизмов, личинок насекомых. *Обычно на аэробной стадии в связи с ее непродолжительностью образуется незначительное количество фильтрата.*

В ацетогенной фазе (рН=4,5-6,5), длящейся от 1 года до 4 лет, происходит дальнейший распад быстро- и среднеразлагаемых фракций ТБО, основными продуктами которого являются уксусная и пропионовая кислоты, углекислый газ и вода, приводящие к значительному снижению величины рН фильтрата и ускорению процессов деструкции, гидролиза древесины, целлюлозы, некоторых видов пластмасс, синтетических волокон. В кислой среде активные металлы (цинк, железо, никель, хром, кадмий и др.) способны окисляться ионами водорода. Ионы металлов могут образовывать устойчивые комплексные соединения с органическими соединениями, а также осажаться в виде карбонатов, фосфатов. *Фильтрат в этот период характеризуется высокими значениями ХПК и БПК (десятки и сотни тысяч мг O₂/дм³) и концентрацией ионов тяжелых металлов (до 70 мг/дм³).*

На стадии активного метаногенеза (до 30 лет с момента депонирования) протекает ферментативное разложение образованных в ацетогенной фазе кислот, которое сопровождается значительным выделением газов (метан, углекислый газ, меркаптаны,

аммиак и др.) и повышением рН среды (7,2- 8,6). На этой стадии в фильтрационных водах снижается содержание органических веществ (ХПК = 3000-4000 мг/л, БПК₅ = 100-400 мг/л) и увеличивается доля биорезистентных компонентов (ПАВ, хлорорганические соединения, гуматы металлов и гуминовые соединения), о чем свидетельствует уменьшение соотношения БПК₅/ ХПК на порядок.

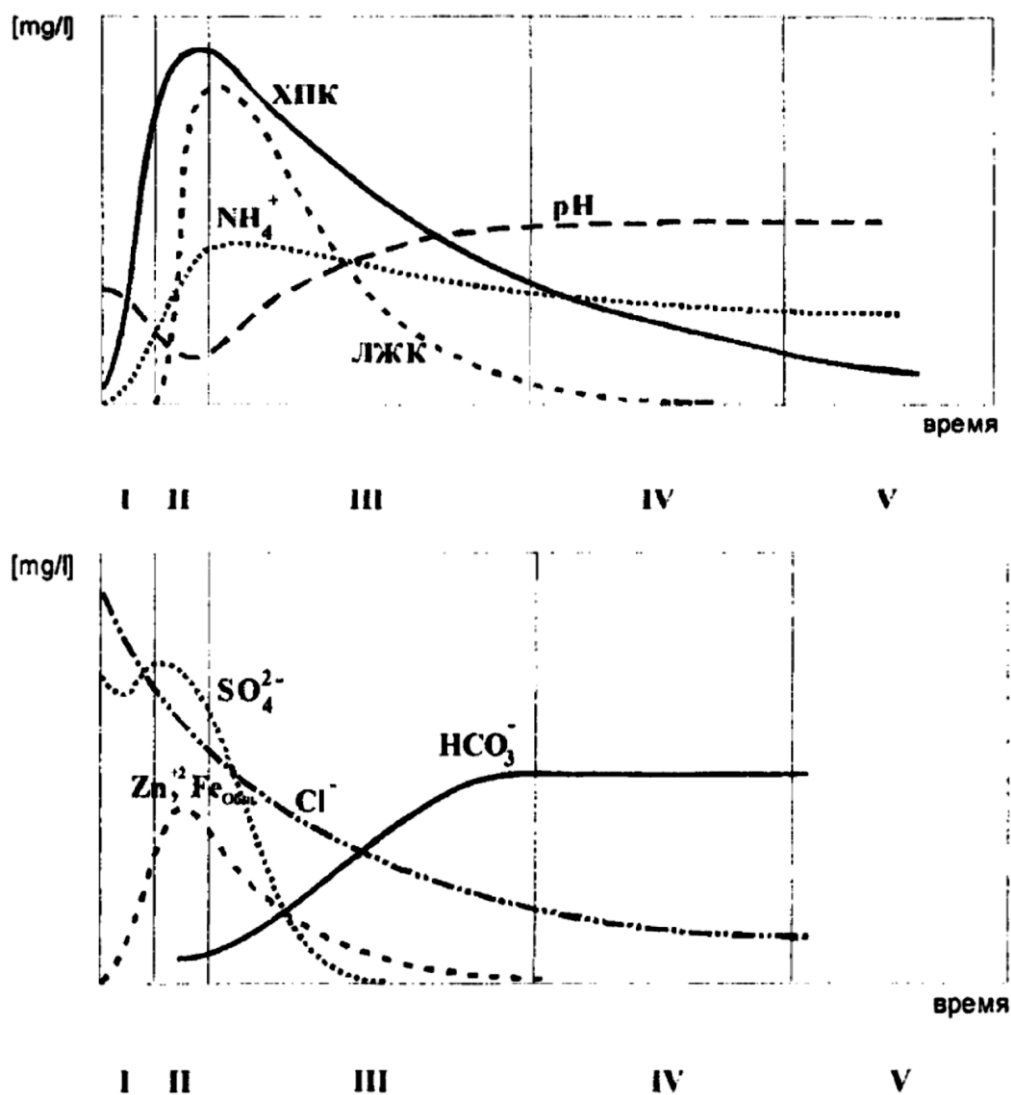


Рис. 9.1. Изменение химического состава фильтрационных вод на различных этапах деструкции ТБО

I - фаза аэробной деструкции и гидролиза, II- фаза ацетогенеза, III – фаза активного метаногенеза, IV – фаза стабильного метаногенеза, V – фаза ассимиляции.

В стабильной фазе метаногенеза (до 100 лет) снижаются скорость и величина эмиссии метана, при этом основным источником загрязнения окружающей среды становится фильтрат. На этой стадии в щелочной среде протекают ферментативный гидролиз лигнина с образованием ароматических и жирных кислот (ЛЖК), дальнейшая биodeградация целлюлозы и химическая деструкция трудно разлагаемых фракций ТБО

(полимерных материалов). *Фильтрационные воды характеризуются высоким содержанием биорезистентных компонентов, повышенной минерализацией (до 7000 мг/дм³).*

Изменение химического состава фильтрационных вод в зависимости от этапа биохимической деструкции ТБО можно представить схемой, представленной на рис. 9.1.

При разработке эффективных технологий очистки ФВ конкретного полигона, а также при проектировании новых объектов, оценке потенциального воздействия фильтрата на природные водные объекты необходимо прогнозировать количественные изменения состава сточных вод на различных этапах биодеструкции ТБО.

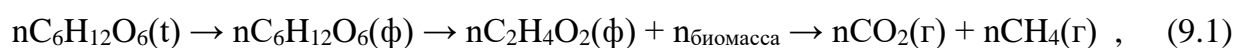
Для длительного прогноза санитарной ситуации на полигоне, зоны влияния потоков загрязняющих веществ на природные объекты, необходимо использовать расчетные методы изменения состава эмиссий на различных этапах жизненного цикла полигона.

Существующие модели прогноза состава фильтрационных вод и биогаза (физические, химические, биохимические) базируются на фундаментальных исследованиях Белеви Х., Баччини П., Барлаз М., Мгуена Х., Батлера А. и Кристенсена Т. Однако до настоящего времени не существует единого подхода к прогнозным оценкам состава фильтрата, объема и скорости выделения биогаза.

Физическая модель прогноза состава фильтрационных вод основана на расчете материального баланса органических веществ в фильтрате на каждой стадии биодegradации. Дegrадируемая часть отходов трактуется как смесь целлюлозы, протеинов и жиров.

Наибольший интерес представляют биохимические модели, учитывающие степени биодеструкции отходов при формировании эмиссий. Изменение химического состава фильтрата в течение жизненного цикла полигона может быть оценено по методике, основанной на кинетическом анализе анаэробного разложения целлюлозосодержащих фракций ТБО.

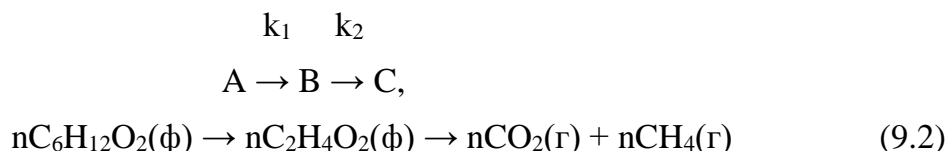
Упрощенную биохимическую модель процесса биодеструкции целлюлозосодержащих отходов можно представить следующим образом:



где (ф) – фильтрат, (г) – газ.

Формирование потоков загрязняющих веществ при разложении отходов может быть описано двумя последовательно протекающими реакциями и, следовательно, изменение состава фильтрата во времени и объем выделяющегося биогаза могут быть

определены на основе кинетического уравнения последовательной реакции первого порядка:



где k_1 - константа скорости реакции в фазе ацетогенеза, k_2 – константа скорости реакции в фазе метаногенеза.

Константы скоростей могут быть определены по времени полураспада основных фракций отходов, которое зависит, в первую очередь, от влажности поступающих на захоронение отходов и годового количества атмосферных осадков.

Формирование фильтрата описывается двумя описанными выше последовательно протекающими реакциями, и изменение состава фильтрата во времени можно определить на основе кинетического уравнения последовательной реакции первого порядка:

$$n_\tau = n_0 \cdot \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1\tau} - e^{-k_2\tau}) \quad (9.3)$$

где n_0 – первоначальное содержание твердой глюкозы в 1 тонне сухих отходов (кмоль/т сух.ТБО);

Зная объем образующегося фильтрата V_ϕ (м³/т сухих ТБО) можно оценить величину ХПК в ФВ:

$$\text{ХПК} = \frac{n_\tau \cdot M \cdot 1,07}{V_\phi} \cdot 1000, \quad [\Gamma O_2/\text{M}^3] \quad (9.4)$$

где M – молярная масса промежуточного продукта В (уксусной кислоты), (кг/моль); 1,07 – теоретическое значение ХПК уксусной кислоты.

Модель прогноза состава фильтрационных вод дает результаты, достаточные для принятия практических решений при проведении диагностических мониторинговых исследований и выборе метода очистки фильтрационных вод.

9.3. Моделирование объемов фильтрационных вод, образующихся в теле полигона

Фильтрат, образующийся в теле полигона, представляет особую опасность для окружающей среды, т.к. является токсичным раствором с минерализацией до нескольких десятков грамм на 1 л, содержанием ионов аммония, хлора и других

макрокомпонентов до нескольких грамм на 1 л, высокими концентрациями тяжелых металлов (цинк, свинец, никель, хром, кадмий и др.) и органических соединений.

Состав и количество образующегося фильтрата зависят от этапа жизненного цикла полигона и могут быть различными для разных полигонов ТБО. Максимальные объемы фильтрата образуются на абсолютно заполненном полигоне перед рекультивацией.

Существуют разные методики расчета количества фильтрата. Обобщение этих методик могло бы стать основой для разработки расчетной модели по оценке количества фильтрата, образующегося на полигонах ТБО.

Наиболее распространенными являются методики, основанные на составлении водного баланса полигона ТБО.

Внешними факторами формирования водного баланса полигона являются: атмосферные осадки; процессы снегонакопления и снеготаяния; испарение воды и снега с поверхности полигона; транспирация растительностью в вегетационные периоды; масса и интенсивность завоза отходов для захоронения, их морфология и физико-химические свойства, исходная влажность и плотность отходов.

Внутренними факторами, формирующими водный баланс полигона, являются: попадание воды, содержащейся в захораниваемых отходах, в рабочее тело полигона; потери или выделение воды при биодеструкции отходов; вынос воды с удаляемым за пределы рабочего тела фильтратом; вынос воды с биогазом.

Фильтрат характеризуется высшей степенью токсичности, а скапливающиеся на поверхности дождевые осадки среднетоксичны. Для выбора метода защиты окружающей среды от фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов первоначально необходимо определить количество и состав образующегося фильтрата. Рассмотрим несколько методов расчета количества фильтрата.

1) Выход фильтрационных вод может моделироваться по закону Дарси.

Закон Дарси: скорость фильтрации прямо пропорциональна градиенту давления (перепаду давления, действующему на единицу длины) в пористой среде и обратно пропорциональна динамической вязкости фильтрующегося газа или жидкости.

$$Q = Fv = \frac{kF(p_1 - p_2)}{\mu L} \quad (9.5)$$

Где Q — объемный расход жидкости, м³/с;

F — площадь поперечного сечения образца или эффективная площадь рассматриваемого объема пористой среды, м²;

v — скорость фильтрации жидкости или газа, м/с;

k – коэффициент проницаемости среды, характеризует способность породы пропускать жидкости и газы, м^2 ;

p_1, p_2 — давления, созданные на концах испытуемого образца, Па;

μ — абсолютная вязкость жидкости, Па·с;

L — длина фильтрующей части породы.

2) Для ориентировочного определения количества образовавшегося фильтрата можно использовать формулу, предложенную В.В. Разнощиком и Н.Ф. Абрамовым. Ими установлено, что в климатических зонах, где годовое количество атмосферных осадков превышает количество влаги, испарившейся с поверхности полигона, не более чем на 100 мм, при складировании твердых бытовых отходов фильтрат образуется только при влажности ТБО 52% и более. Такая зависимость математически описывается следующим выражением:

$$Q\Phi = 0,01 F(h - 100) + 0,01V(W - 52); \quad (9.6)$$

где $Q\Phi$ — годовой объём фильтрационных вод, тыс. м^3 /год; F – площадь полигона, га; h – среднее количество атмосферных осадков, мм/год; 100 – снижение нормы стока за счет воды, испаряющейся с поверхности полигона, мм/год; V – среднегодовое поступление ТБО, тыс. м^3 /год; W – среднегодовая влажность отходов, %.

3) Расчет объема фильтрата можно производить по уравнению водного баланса в период максимального образования фильтрата:

$$O\Phi = (AO + OB + ВБХ) - (ИС + ВНО + ПС + БГ + ПБХ), \quad (9.7)$$

где $O\Phi$ — объем фильтрата;

AO — атмосферные осадки, выпавшие на полигон;

OB — отжимная влага;

$ВБХ$ — выделение воды при биохимических реакциях;

$ИС$ — испарение с поверхности полигона;

$ВНО$ — влага, расходуемая на насыщение отходов до полной влагоемкости;

$ПС$ — поверхностный сток;

$БГ$ — потери воды с биогазом;

$ПБХ$ — поглощение воды при биохимических реакциях.

Выясним, каким образом можно определить значения величин составляющих водного баланса полигона ТБО.

Атмосферные осадки, выпавшие на полигон (AO):

$$AO = 0,001 \times F_1 \times h_1 \times K_p, \quad (9.8)$$

где F_1 — площадь основания полигона, m^2 ;

h_1 — слой выпавших осадков, мм/год (месяц) (по данным наблюдений на ближайшей метеостанции);

K_p — коэффициент перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам 5%-ной обеспеченности (табл. 9.1). Переход к 5%-ой обеспеченности необходим для расчета осадков по максимально возможной величине (выпадают только в 5% случаев).

Табл. 9.1.

Коэффициент перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам 5%-ной обеспеченности

Среднегодовое количество осадков, мм	Обеспеченность, %		
	5	60	80
350	1,52	0,94	0,8
400	1,47	0,94	0,81
450	1,44	0,94	0,81
500	1,42	0,95	0,82
550	1,4	0,95	0,83
600	1,37	0,95	0,83
650	1,36	0,95	0,83
700	1,35	0,95	0,84

Испарение с поверхности полигона (ИС) :

$$ИС = 0,01 \times F_2 \times E \times K_e \times K_{вп}, \quad (9.9)$$

где F_2 — площадь поверхности полигона, m^2 ; E — величина испарения, см/год (месяц). Величину испарения за год для исследуемой территории можно получить:

$$E = E_0 \frac{E}{E_0}$$

E_0 — годовая испаряемость (средняя многолетняя), см (рис. 9.2), E/E_0 — относительная испаряемость (рис. 9.3).

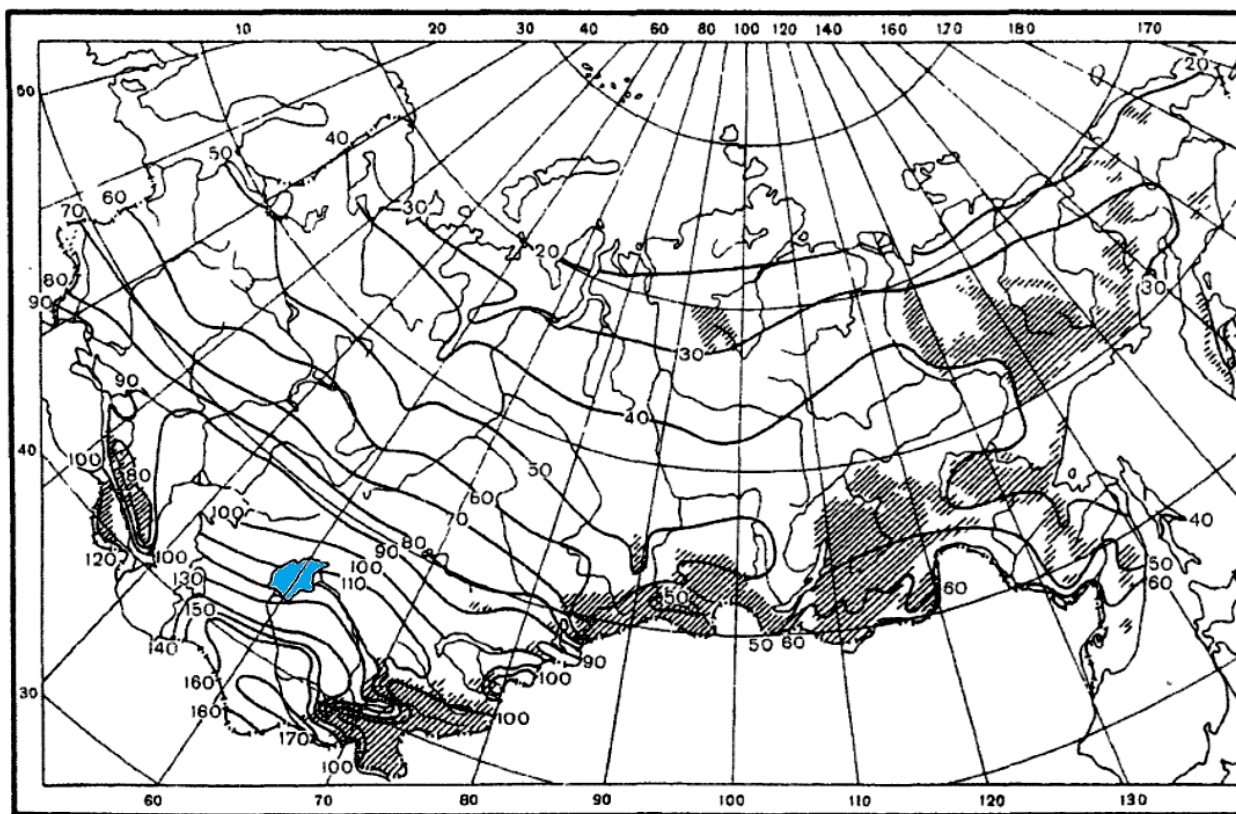
K_e — коэффициент перехода от средней многолетней годовой испаряемости с техногенно-нагруженных территорий к испаряемости с различной вероятностью превышения (табл. 9.2);

Таблица 9.2.

Коэффициенты перехода K_E от средней многолетней годовой испаряемости с ТНТ к испаряемости различной вероятности превышения $P, \%$

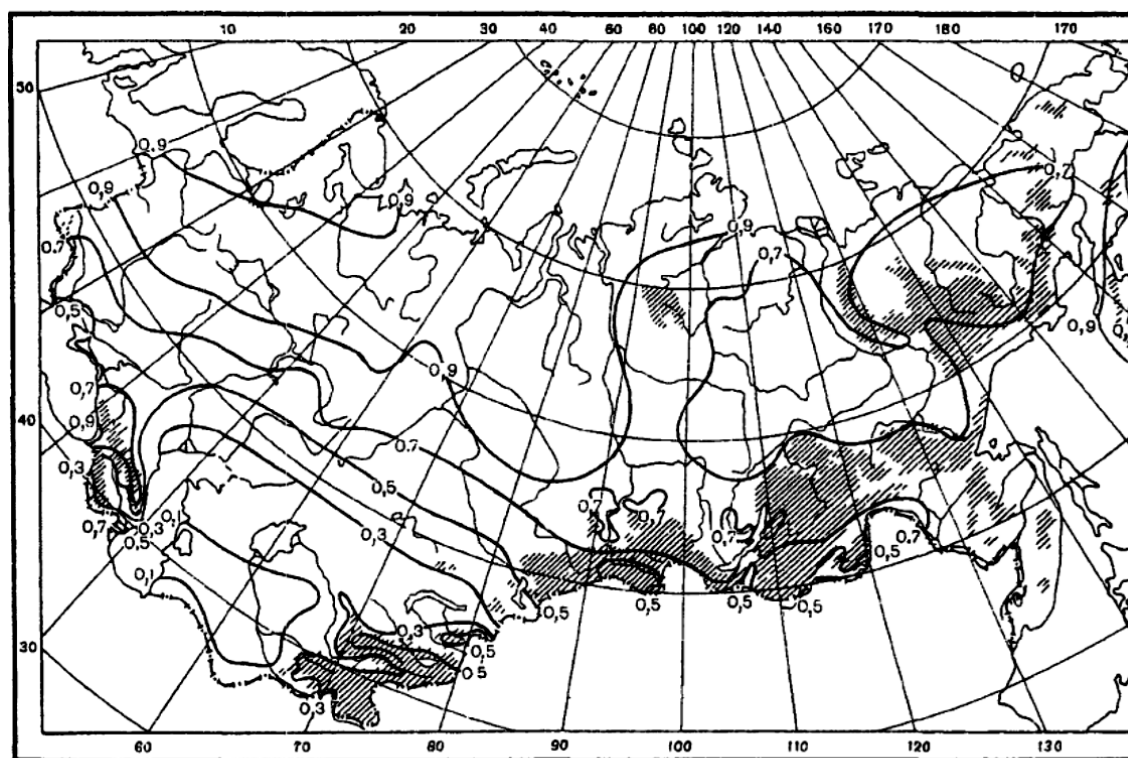
$P, \%$	2	5	10	25	75	80	90	95
K_E	1,142	1,113	1,088	1,046	0,952	0,940	0,910	0,887

$K_{вп}$ — поправочный коэффициент к среднему многолетнему испарению с естественных ландшафтов для различных видов поверхностей (табл. 9.3).



▨ — горные районы

Рис. 9.2. Средняя годовая испаряемость, см



▨ — горные районы

Рис. 9.3. Среднее годовое относительное испарение, E/E_0

Отжимная влага (ОВ):

$$OB = K_{ов} \times (AO - IC), \quad (9.10)$$

где $K_{ов} = 0,5$ — опытный коэффициент.

Выделение воды при биохимических реакциях (ВБХ) равно поглощению воды при биохимических реакциях (ПБХ), т.е. разницу между биохимически образуемой и потребляемой водой можно считать равной нулю.

Таблица 9.3

Поправочные коэффициенты $K_{вп}$ к среднему многолетнему испарению с естественных ландшафтов для различных видов поверхностей

Виды поверхностей	$K_{вп}$
Поверхность жидких отходов в картах	0,70
Дороги грунтовые	0,50
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,56
Щебеночные покрытия	0,58
Откосы насыпей, отвалов, дамб	0,60
Неспланированные неуплотненные отвалы без растительного покрова	0,85
Насыпные поверхности, покрытые травянистой и редкой кустарниковой растительностью	0,90
Акватории отстойников со слабозагрязненной поверхностью	0,90

Влага, расходуемая на насыщение отходов до полной влагоемкости (ВНО) при плотности отходов $1,0 \text{ т/м}^3$:

$$ВНО = 0,15 \times V, \quad (9.11)$$

где V — объем размещенных отходов, $\text{м}^3/\text{год}$.

Поверхностный сток (ПС):

ПС = 0, если сток отводится от полигона вместе с фильтратом;

ПС = $0,03 \times AO$, если сток отводится на локальные очистные сооружения.

Потери воды с биогазом (БГ):

$$БГ = 0,00006 \times V_{бг}, \quad (9.12)$$

где $V_{бг}$ — объем образующегося биогаза, $\text{м}^3/\text{год}$ (методы определения рассмотрены в главе 8).

4) При необходимости расчета объема инфильтрации воды в массив отходов через поверхность рабочего тела используется уравнение

$$ИН = AO + OB - ПС - IC, \quad (9.13)$$

где ИН — расход воды, попадающей в массив отходов, м³; АО — объем атмосферных осадков; ОВ — отжимная влага отходов; ПС — поверхностный сток с полигона; ИС — испарение с поверхности.

5) Существуют более точные модели, учитывающие следующие внутренние факторы формирования водного баланса полигона:

- геометрические размеры полигона (площадь и высота полигона, внутренний уклон откоса);
- тип промежуточных и окончательного покрытий (вид грунта, наличие и вид растительного покрова);
- коэффициент фильтрации и толщина основания;
- количество отходов, размещенных на полигоне;
- плотность захороненных отходов.

К внутренним специфическим параметрам, которые влияют на формирование водного баланса, относятся:

- возраст и влажность захороненных отходов;
- удельный выход биогаза;
- температура в массиве отходов.

В Пермском государственном техническом университете (Россия) была разработана методика для расчета объемов фильтрата с учетом площади складирования, массы накопленных ТБО, гидрологических и климатических условий, этапа жизненного цикла полигона. Согласно методике, расчет водного баланса производится в следующей последовательности:

- 1) подготовка климатических данных для расчета;
- 2) подготовка технологических данных для расчета;
- 3) расчет водного баланса поверхности полигона;
- 4) расчет внутреннего водного баланса;
- 5) расчет водного баланса основания.

В качестве климатических данных для расчетов используются среднесуточные значения количества атмосферных осадков, температуры и абсолютной влажности воздуха.

К технологическим данным относятся: интенсивность завоза отходов; толщина слоя отходов; плотность отходов в массиве полигона; общая высота полигона; толщина слоя временного изолирующего покрытия; срок эксплуатации полигона; емкость полигона; количество слоев отходов; площадь суточной карты полигона; площади

оснований слоев отходов; сроки завершения эксплуатации отдельных слоев; приращение площади отходов (площадь суточной карты).

Основное уравнение водного баланса полигона имеет вид:

$$Q_{\phi} = S((AO + HW_{\text{ТБО}}) - ПС - И), \quad (9.14)$$

где Q_{ϕ} – расход фильтрата, м³/год; S – площадь полигона, м²; AO – количество атмосферных осадков, м³/год; $W_{\text{ТБО}}$ – количество первичного фильтрата (отжимной влаги), м³/м³ отходов в год; H – средняя высота слоя складирования отходов, м; $И$ – испарение с поверхности, м³/год; $ПС$ – поверхностный сток, м³/год.

В табл. 9.4 приведены некоторые характеристики фильтрата вод полигонов в странах СНГ.

Таблица 9.4

Средние показатели фильтрационных вод полигонов в странах СНГ

№	Показатели	Ед. изм.	Значение
1.	рН	ед. рН	7,47-7,68
2.	ХПК	мгО ₂ /л	542-6855
3.	Хлориды	мг/л	1040 - 4800
4.	Электропроводность	мС/см	8 - 21

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой фильтрат полигонов отходов?
2. Охарактеризуйте состав фильтрата. От чего он зависит?
3. Как изменяется состав фильтрата по фазам разложения отходов?
4. На чем основываются модели для моделирования состава фильтрата?
5. Охарактеризуйте модели для определения объемов фильтрата. На чем они базируются?

ГЛАВА 10. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИЙ ОТ ПОЛИГОНОВ ТБО

10.1. Методы снижения эмиссий от полигонов ТБО

Традиционная и по-прежнему широко распространенная практика конечного захоронения отходов на полигонах все больше заменяется в продвинутых в отношении управления отходами странах Европы современными методами обработки отходов с

последующей утилизацией и относительно малыми остатками материала, подлежащего захоронению. Отказ от захоронения отходов является необходимым шагом для создания действительно устойчивой модели управления отходами, но нуждается в строгом законодательстве по отходам. Директива Европейского Союза по захоронению отходов, ставшая для стран-членов ЕС надежной опорой в этой области, предписывает, например, постепенное исключение биологически разлагаемых составных частей отходов из идущего на захоронение материала, что означает необходимость предварительной обработки всего объема отходов до рассмотрения вопроса о захоронении. В более далекой перспективе намечается, кроме того, полностью исключить захоронение отходов, т. е. в будущем все усилия должны быть направлены на уменьшение общего объема производимых отходов и на такую обработку отходов, которая позволила бы их наиболее полную утилизацию.

Эта задача приводит к тому, что отходы во все большем объеме будут подвергаться последующей обработке в целях их материального или энергетического использования. Однако нельзя гарантировать создание достаточных мощностей для обработки и утилизации отходов к определенному сроку, в любых условиях и в любое время. Поэтому необходимо разрабатывать технологии и установки для временного промежуточного хранения отходов.

В качестве примера можно назвать установку для промежуточного хранения отходов в обтянутых пленкой тюках, которая предназначена для временного хранения отходов, нуждающихся в дальнейшей переработке, при дефиците мощностей на перерабатывающих установках.

Таким образом, снижение эмиссий от полигонов ТБО в настоящее время может быть достигнуто главным образом за счет их грамотного проектирования.

Для снижения газовых эмиссий на европейских полигонах практикуется ежедневное изоляционное покрытие складированных ТБО. Для покрытия используют слой грунта или строительных отходов толщиной не менее 0,15 м, либо используют пену или полимерные пленки. Ежедневная изоляция препятствует рассеянию отходов, улучшает внешний вид полигона, препятствует распространению запахов и возникновению пожаров (рис. 10.1).

Система перфорированных труб, закладываемых в тело полигона, позволяет не только уменьшить распространение запахов в атмосфере, но и производить сбор газа для дальнейшего использования (рис. 10.2).

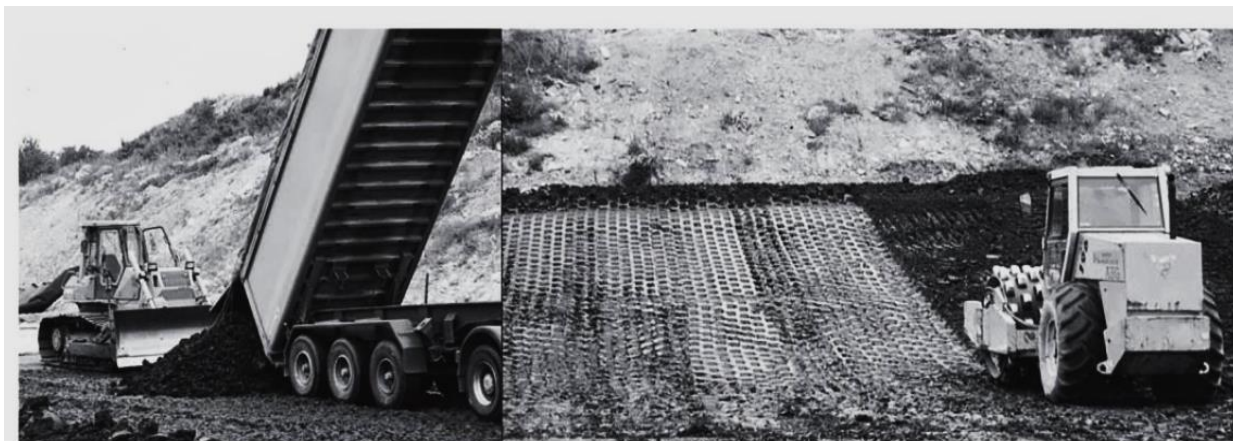


Рис. 10.1. Доставка и встраивание минерального слоя

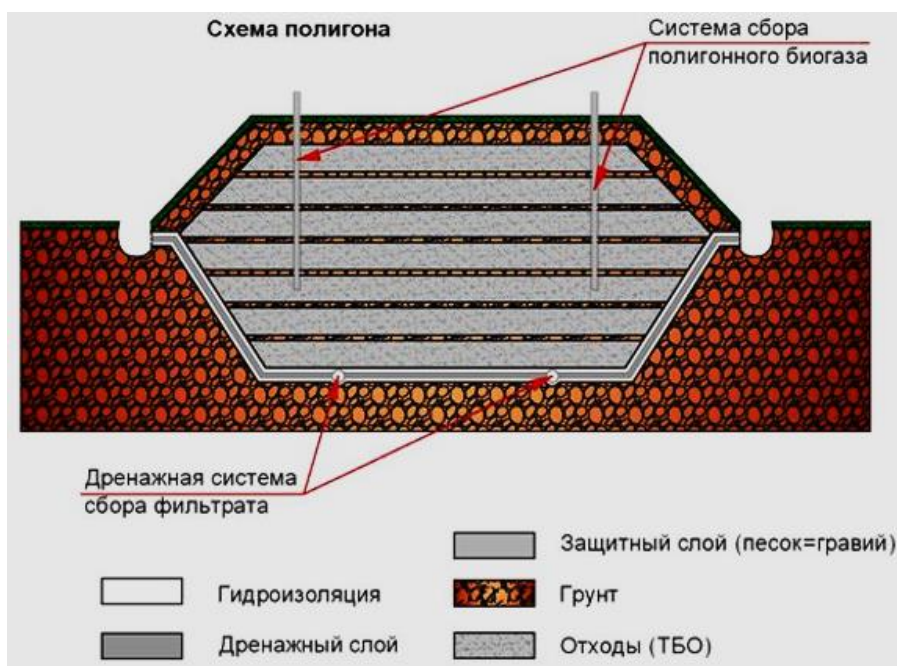


Рис. 10.2. Схема устройства полигона ТБО

Для предотвращения утечки фильтрата в окружающую среду основание полигона должно иметь противофильтрационный экран (с коэффициентом фильтрации по европейским нормам не более 10^{-9} см/сек), а для облегчения его сбора поверхность полигона должна быть спланирована с уклоном (по европейским нормам уклон должен быть не менее 2%).

В систему сбора фильтрата входят:

- перфорированные дренажные трубы, размещенные под складированными отходами на противофильтрационном экране и обкладываемые щебенкой (фильтрат по трубам отводится на участок его обезвреживания);
- насосная станция;
- водосборный накопительный пруд (для снятия пиков потоков).

Все новые европейские полигоны запроектированы с донным дренажем (см. рис. 7.3). На старых полигонах фильтрат собирается с помощью окружающих дренажных канав или путем откачки из трубных скважин, которые размещают в теле полигона или вокруг него.

Обезвреживание фильтрата можно производить либо в месте его образования, либо на городских очистных сооружениях. К очистным сооружениям фильтрат транспортируется по герметичному трубопроводу, стоимость которого в ряде случаев может быть сопоставима с затратами на строительство самого полигона. На рис. 10.3 представлено устройство современного полигона ТБО.



Рис. 10.3. Схема изоляции полигона

10.2. Получение биотоплива из отходов

Некоторые методы снижения эмиссий от полигонов ТБО уже упоминались выше. Это предварительная сортировка мусора, а также откачка и утилизация образующегося свалочного газа. Одним из наиболее эффективных способов использования органических отходов является их переработка с получением биотоплива.

Биогаз — газ, получаемый метановым брожением биомассы. Биогаз имеет следующий состав 50–87 % метана, 13–50 % CO_2 , незначительные примеси H_2 и H_2S . После очистки биогаза от CO_2 получается биометан, который является полным аналогом природного газа.

Биогаз может быть получен из практически любых органических отходов: навоз, птичий помёт, зерновая и послеспиртовая барда, пивная дробина, свекольный жом, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха (кровь, жир, кишки), трава, бытовые отходы, отходы молокозаводов — соленая и сладкая молочная сыворотка,

отходы от производства соков — жом фруктовый, ягодный, овощной, виноградная выжимка, водоросли, отходы производства крахмала и патоки — мезга и сироп, отходы переработки картофеля, производства чипсов — очистки, шкурки, гнилые клубни, кофейная пульпа и др. Жиры и белки в основном разлагаются с высоким выделением метана, а углеводы — с выделением углекислого газа.

Схема производства биогаза представлена на рисунке 10.4.

Выход биогаза зависит от содержания сухого вещества и вида используемого сырья. Из тонны навоза крупного рогатого скота получается 50—65 м³ биогаза с содержанием метана 60%, биогаза из 1 т различных видов растений 150—500 м³ с содержанием метана до 70%. Максимальное количество биогаза — это 1300 м³ с содержанием метана до 87% — можно получить из жира.

Биогаз может использоваться в качестве топлива для производства электроэнергии, тепла или пара, а также в качестве автомобильного топлива.

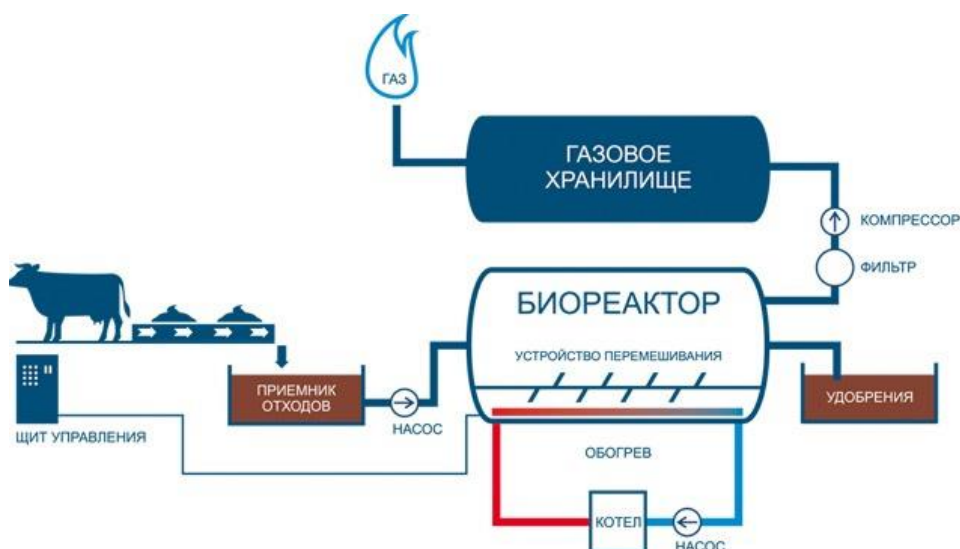


Рис. 10.4. Схема получения биогаза из органических отходов

Устройства для получения биогаза называются метантенками. Метантенк — это железобетонный резервуар значительной ёмкости для биологической переработки (сбраживания) с помощью бактерий и др. микроорганизмов в анаэробных условиях (без доступа воздуха) органических отходов, в частности, органической части осадка сточных вод. Метантенки служат для обеспечения свойств стабильности (незагниваемости) осадка при длительном его хранении либо обезвоживании в естественных условиях. Одновременно решается задача подготовки осадка к внесению в почву, так как после сбраживания усвоение элементов осадка растениями улучшается. Распад органических веществ протекает в 2 фазы. В первой фазе из углеводов, жиров и белков образуются жирные кислоты, водород, аминокислоты и пр. Во второй —

происходит разрушение кислот с образованием преимущественно метана и углекислого газа. Устройство метантенка представлена на рис. 10.5.

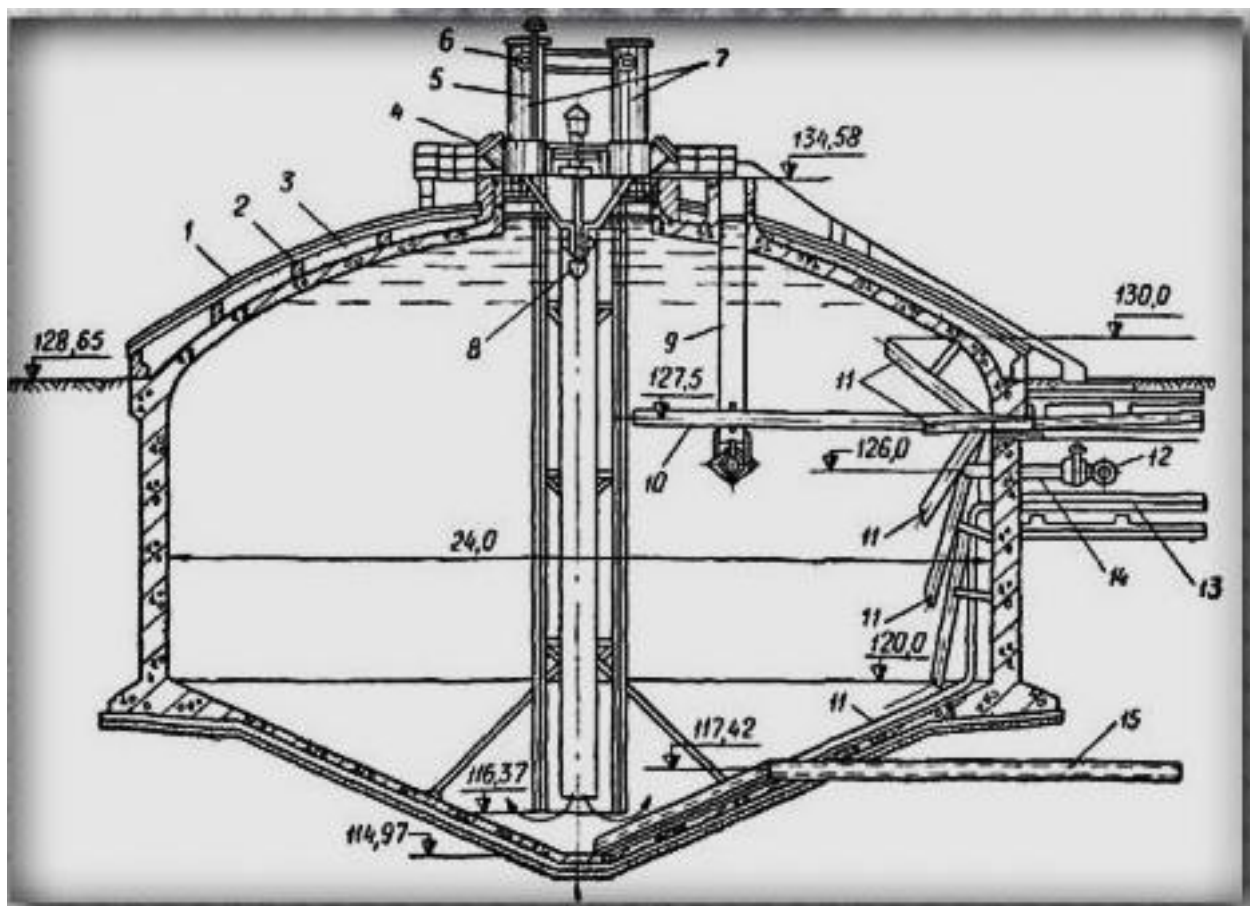


Рис. 10.5. Схема метантенка

1 – мягкая кровля, 2 – кирпич; 3 – шлак; 4 – смотровой люк; 5 – труба для выпуска газа в атмосферу; 6 – газопровод для газового колпака; 7 – газовые колпаки; 8 – пропеллерная мешалка; 9 – переливная труба; 10 – трубопровод для загрузки сырого осадка и активного ила; 11 – трубопроводы для удаления иловой воды и выгрузки сброженного осадка с разных горизонтов; 12 – паровой эжектор; 13 – трубопровод для выгрузки сброженного осадка из конусной части метантенка; 14 – термометр сопротивления; 15 – трубопровод для опорожнения метантенка (в футляре)

Возможно три режима работы метантенков: психрофильный – при температуре до 20°C мезофильный – при температуре 33°C; термофильный – при температуре $t = 53^{\circ}\text{C}$. Выбор температуры определяется условиями работы метантенка: технико-экономическими, санитарно-гигиеническими, природоохранными с учетом обеспечения полного цикла сбраживания.

В Сингапуре (Национальный университет Сингапура) в 2015 г. открыли способ получения биобутанола из некоторых отходов. Из всех видов биотоплива биобутанол

считается наиболее перспективной заменой бензина благодаря энергетическому потенциалу. Однако наладить коммерческое производство горючего сложно из-за высоких расходов и сложной предварительной химической обработки исходного сырья. Кроме того, в процессе бывают в большом количестве задействованы земельные, водные, энергетические и другие экологические ресурсы.

Оказалось, что штамм бактерии *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* TG57 способен преобразовывать целлюлозу в биобутанол. Микроорганизмы выделяют из отходов грибного производства - отработанного грибного компоста. Процесс не требует генетической модификации бактерий и предварительной обработки сырья. Предполагается, что технология может значительно удешевить производство топлива.

Отработанный грибной компост, образующийся при выращивании грибов, обычно состоит из пшеничной соломы и древесной пыли. Чтобы получить уникальный штамм TG57, микроорганизмы в отходах оставили эволюционировать естественным путем в течение двух лет. После того, как исследователи добавили в смесь целлюлозу, бактерии переработали ее, производя бутанол.

10.2. Методы очистки фильтрационных вод

Для очистки фильтрационных вод используют различные способы и их сочетания: механическая очистка, биологическая очистка, ультрафиолетовое облучение, адсорбционная очистка, химическое обеззараживание, мембранные способы, электрохимическая очистка и др.

При разработке и внедрении эффективных технологий очистки фильтрата полигонов ТБО и оценке потенциального воздействия фильтрата на окружающую среду необходимо прогнозировать качественные и количественные изменения состава дренажных вод на различных этапах биодеструкции ТБО.

Химический состав фильтрата напрямую зависит от морфологического состава ТБО, что в свою очередь непосредственно влияет на выбор метода и способа очистки фильтрата. Очистка таких вод представляет собой чрезвычайно сложную проблему и требует многоступенчатого сочетания различных физикохимических и биологических методов и больших капитальных и эксплуатационных вложений. Согласно результатам биотестирования, загрязненный токсичными соединениями фильтрат не может быть сброшен на рельеф или в водоем культурно-бытового и рыбохозяйственного использования даже при большой степени разбавления. Фильтрат обладает гипертоксичностью, которая не исчезает при многократном разбавлении.

Исходный химический и биохимический состав фильтрата свалки, зависящий не только от морфологии складированных отходов, но и от внешних факторов – времени года, интенсивности атмосферных осадков - не позволяет с достаточной точностью прогнозировать состав и концентрации в нем загрязняющих веществ. Следует заметить, что широкий диапазон показателей вызывает необходимость использовать в любой очистной установке определенный набор технологических приемов и аппаратов, позволяющих адекватно реагировать на изменение состава дренажных вод, корректируя технологию без конструктивных изменений.

В настоящее время существуют три основные группы способов очистки фильтрата:

- биологическая очистка фильтрата на полигонах из отсортированных отходов;
- физико–химическая многоступенчатая очистка;
- сброс в канализацию не более 5% фильтрата для последующей совместной очистки его с хозяйственно–бытовыми стоками.

При разработке новых и изучении существующих методов очистки необходимо учитывать, что технология очистки фильтрата должна обеспечивать:

- разрушение токсичных соединений концентрированных сточных вод полигонов ТБО, в том числе и соединений образующихся в результате жизнедеятельности полигона на различных этапах его эксплуатации;
- экстрагирование не подвергающихся очистке токсичных соединений в безопасную форму (переведение в осадок) и вторичное использовать на полигоне;
- доведения качества очищенного фильтрата до допустимого к сбросу или вторичного использования на полигоне (например, в качестве увлажнителя на полигоне).

10.2.1. Биохимические методы очистки дренажных вод полигонов ТБО

Как правило, технологические схемы очистки фильтрата основываются на применении преимущественно методов биохимической деструкции органических веществ (аэробная и анаэробная очистка) в сочетании с физико–химическими процессами – коагуляции–флотации, жидкофазного окисления, фильтрации, ультрафильтрации, адсорбции, обратного осмоса, концентрированного выпаривания в различных комбинациях.

Сточные воды, содержащие взвешенные и коллоидные примеси, подвергают механической, коагуляционной или флотационной очистке. В последние годы активно применяются технологии на основе обратного осмоса (мембранные методы).

Обеззараживание воды осуществляется хлорированием, озонированием или ультрафиолетовым облучением. Но, как правило, их используют после предварительной механической очистки.

Анаэробные методы применяются главным образом для «молодого фильтрата», образующегося на эксплуатационном цикле полигона ТБО. При очистке фильтрата анаэробными методами обеспечивается снижение БПК на 65–80% с уменьшением содержания алюминия, бария, кадмия, никеля и цинка более чем на 85%, железа на 80%, хрома, меди и свинца на 40–70%, кальция на 30%, магния, калия, натрия – на 10%.

Большинство установок анаэробной очистки работают в интервале температур 34–38 °С, что способствует развитию различных видов микроорганизмов. Для роста метаногенных бактерий требуется широкий спектр питательных веществ: углерод, фосфор, азот, сера, кальций, магний, калий и др.

Эффективность очистки обеспечивается регулярным контролем механизма процесса сбраживания и поддержанием основных параметров в установленных пределах. К основным контролируемым параметрам относят образование жирных кислот, щелочность (3500–5000 мг-экв/дм³) и рН (7–7,5).

Применяется также метод аэробной очистки, при котором в качестве аппаратного оформления выступают аэротенки и биореакторы. В результате аэробной очистки происходит снижение БПК в среднем на 20%, ХПК на 35%. Происходит улучшение органолептических свойств сточных вод. Недостатком является возможность роста минерализации, содержания хлоридов и сульфатов.

Применение аэробных методов для очистки «старых» фильтратов возможно при проведении предварительной физико–химической и химической очистки., т.к. они имеют высокое солесодержание, наличие хлорорганических соединений и оказывают ингибирующее действие на активный ил.

Т.к. зачастую имеют дело со смешанным фильтратом, то для очистки используют комбинацию аэробной и анаэробной очистки. Также крайне необходима доочистка фильтрата различными методами.

10.2.2. Озонирование при очистке дренажных сточных вод

Озон применяется для обеззараживания, для устранения цветности, запахов и привкусов воды. Предварительное озонирование позволяет значительно повысить эффективность последующей биохимической очистки. Высокий окислительно–восстановительный потенциал озона обуславливает его активность к различным примесям сточных вод, в первую очередь микроорганизмам и патогенным элементам. Действие озона описывается двумя основными функциями: окисление и

обеззараживание. Каталитическое воздействие озонирования состоит в усилении им окисляющей способности кислорода.

При озонировании дренажных вод цветность воды значительно снижается при достаточно низких дозах озона.

При обработке воды большими дозами озона в очищенной воде несколько увеличивается концентрация нитрат-иона NO_3 и снижается концентрация аммонийного азота в результате окисления ионов аммония до нитратов.

После озонирования в фильтрате не обнаруживается крезол, бензол, фенол и другие циклические и хлорсодержащие органические соединения. В таблице 10.1. представлены данные, полученные швейцарскими и французскими учеными, касающиеся эффективности использования озона для разных типов фильтрата с различными дозами.

Таблица 10.1.

Эффективность использования озонирования для очистки фильтрата

№п/п	Тип фильтрата	Исходное ХПК, мг O_2 /л	Доза O_3 , г/г ХПК	Снижение ХПК, %
1	Молодой	881	1,4	40
2	Биологический	1250	3,0	90
3	Стабилизированный	2300	1,5	89
4	Стабилизированный биологический	1400	1,5	63

Озонирование – довольно дорогой метод и применение его должно быть четко обоснованным. Поэтому озонирование целесообразно применять:

– на стадии доочистки фильтрата, образующегося на ранних этапах (ацетогенная фаза – «молодой» фильтрат), для обеззараживания, улучшения органолептических показателей (запах, цветность), удаление труднорастворимых соединений;

– в качестве предочистки «старого» фильтрата (метаногенная фаза) небольшими дозами озона для улучшения органолептических показателей, а также подготовки фильтрата для последующей обработки

10.2.3. Сорбционные методы очистки фильтрата

Многокомпонентность фильтрата, сложность и непостоянство его химического состава обуславливают многостадийность процессов очистки с применением сорбционных технологий. В качестве сорбента может выступать любой материал высокой пористости (диатомит, активные угли различных марок, шлак и т.д.).

Выбор сорбента зависит от характеристик и свойств извлекаемых веществ, а также их соответствия размерам пористой структуры выбранного материала.

Сорбционные методы имеют низкую эффективность при подготовке. Так, использование диоксида марганца при подготовке снижает ХПК на 20% и цветность на 40%.

Применение сорбционных методов имеет несколько недостатков, основным из которых, являются проблемы регенерации и утилизации отработанного сорбента. Существуют также биосорбционные методы очистки фильтрационных вод.

Т.к. в процессе сорбционной очистки наблюдается адсорбция микроорганизмов, на поверхности материалов протекают биохимические процессы. Аппаратурным оформлением данного процесса является использование биосорбционных фильтров. Биоценоз в данных фильтрах может быть представлен различными формами бактерий, а также грибами, возможно наличие нитчатых форм бактерий. Использование данного метода позволяет снизить цветность до 60 град, избавиться от запаха, эффективность по ХПК достигает 85 %.

Эффективность метода определяется грамотным выбором сорбента. На практике, как правило, используют активированный уголь различных марок: АГ-3, БАУ, «Фильтросорб» –300, которые способны адсорбировать высоко и низкомолекулярные соединения.

Активные угли могут использоваться для «молодых» или биологически предочищенных фильтрационных вод, а также в качестве заключительной очистки в комбинации с реагентной очисткой.

10.2.4. Реагентная коагуляция, гальванокоагуляция

В качестве коагулянтов для очистки фильтрата от тяжелых металлов могут использоваться: оксид кальция, сульфат алюминия, сульфат железа. Коагулянты имеют разную эффективность обработки. Наиболее эффективным является сульфат алюминия. Основной сульфат алюминия позволяет достичь 50%–ной степени очистки по ХПК и 80 %-ного обесцвечивания.

Метод гальванокоагуляции широко используется при очистке сточных вод от высокомолекулярных и коллоидных примесей, гуминовых и поверхностно–активных веществ.

Гальванокоагуляция может быть использована в качестве предочистки фильтрационных вод для удаления ВМС, ионов тяжелых металлов, хлоридов. В качестве гальванопар может использоваться металлический скрап (железная или

алюминиевая стружка), углеродсодержащие отходы различных производств. За счет разности потенциалов токопроводящих элементов «железная стружка – углеродсодержащий материал» возникает множество гальванопар, влекущих за собой окисление и растворение металла, смещение рН, гидролиз. Образующиеся гидроксиды железа или алюминия (в зависимости от применяемой стружки), способствуют коагуляции, сорбции и осаждению примесей.

Применение гальванокоагуляции позволяет достичь снижения ХПК до 75%, цветности до 85%, меди и цинка практически на 100%. К тому же микротоки, образующиеся в поле гальванопар, деструктивно действуют на патогенную микрофлору, обеспечивая глубокое обеззараживание.

Воду после гальванокоагуляции с такими показателями можно направлять в биологические пруды (рис. 10.6).

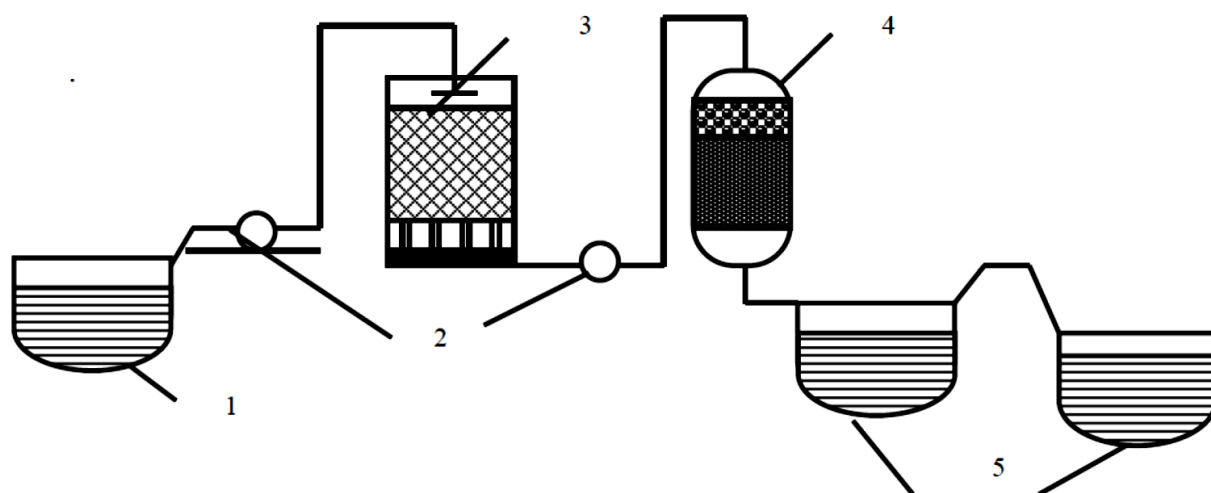


Рис. 10.6. Схема очистки фильтрата полигонов ТБО методом гальванокоагуляции: 1– пруд–накопитель; 2– система подачи воды; 3– гальванокоагулятор; 4– песчаный фильтр; 5 – каскадные биологические пруды

10.2.5. Мембранная очистка фильтрационных вод полигонов ТБО

Применение мембранных технологий позволяет одновременно очищать воду от органических и неорганических компонентов, бактерий, вирусов. В зависимости от прикладываемого давления и размера пор различают: микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос.

Высокое солесодержание фильтрата предусматривает использование мембранных технологий для доочистки фильтрационных вод, т.к. применение ионообменных методов при таких высоких концентрациях нерентабельно. В этом случае мембранная

технология (рис. 10.7) может быть использована в качестве альтернативы сорбционным методам.

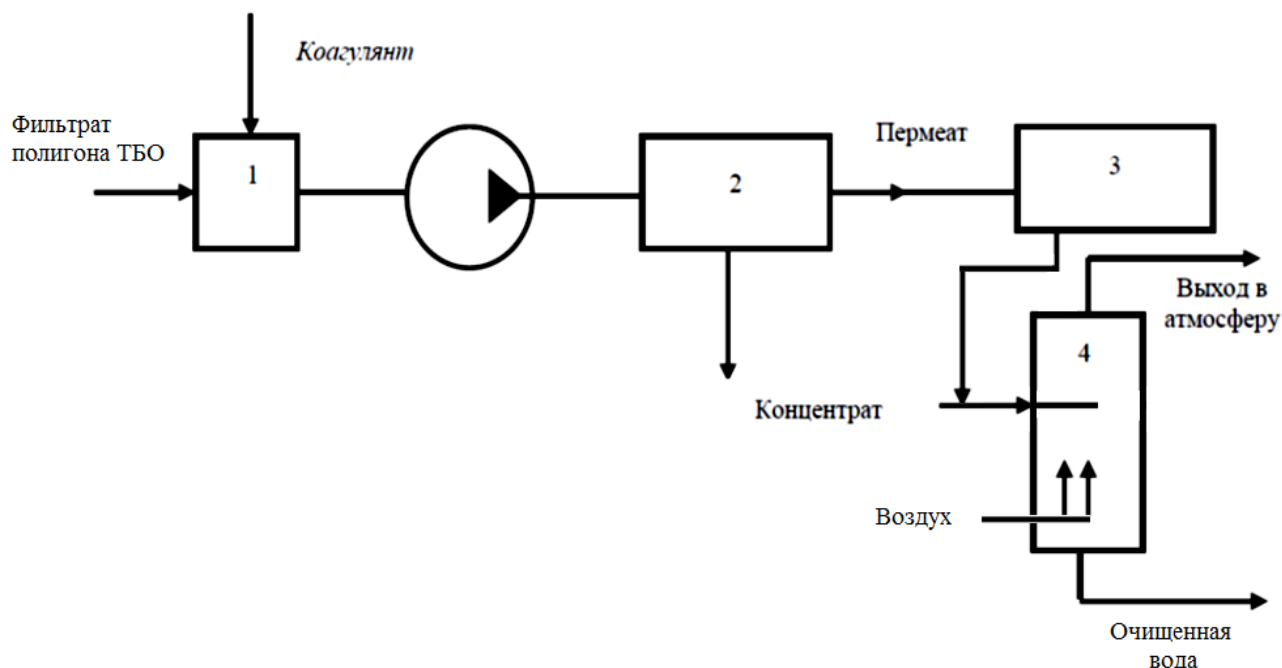


Рис. 10.7. Схема очистки фильтрата полигонов ТБО методом обратного осмоса: 1–приемный резервуар; 2– установка обратного осмоса; 3–сборник очищенного фильтрата; 4– дегазатор

Примечание: пермеат – очищенная вода, прошедшая через мембрану

Имеющийся опыт эксплуатации обратноосмотических установок показывает, что при очистке дренажных вод на поверхности мембран образуются плотные осадки сульфата и карбоната кальция, гидроксидов железа, малорастворимых соединений тяжелых и цветных металлов, что приводит к резкому ухудшению разделительных характеристик мембран и снижению их удельной производительности.

Мембрана нуждается в очистке, если ее производительность снижается на 10–15%. Этот процесс требует выключения части системы, большого количества реагентов, а иногда и вовсе замены мембраны, что резко увеличивает стоимость и так не дешевого процесса очистки. Для повышения эффективности работы мембраны, продления ее срока службы рекомендуется проводить предмембранную очистку. В качестве последней зачастую рекомендуется проводить нанофильтрационную очистку. Нанофильтрационная мембрана имеет значительно больший размер пор (1–20 нм), по сравнению с обратноосмотической (0,1–0,2 нм) и значительно меньшую величину внешнего прикладываемого давления соответственно: 3–10 атм. и 10–25 атм. Но согласно последним исследованиям этот вариант экономически нецелесообразен, т.к. требует частой регенерации мембран и большого расхода промывных вод.

Для предварительной обработки зачастую рекомендуют применять хлорирование, адсорбцию на активном угле, а также реагентное коагулирование с помощью извести.

10.3. Рекультивация закрытых полигонов

Закрытие полигона для приема ТБО осуществляется после отсыпки его на проектную отметку, установленную заданием. На высоконагружаемых полигонах со сроком эксплуатации не менее 5 лет допускается превышение проектной отметки на 10 %.

Рекультивация закрытых полигонов – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности восстанавливаемых территорий, а также на улучшение окружающей среды.

Рекультивация проводится по окончании стабилизации закрытых полигонов – процесса упрочнения свалочного грунта, достижения им постоянного устойчивого состояния. В конце процесса стабилизации производится завоз грунта автомобильным транспортом для засыпки и планировки образовавшихся провалов.

Направления рекультивации определяют дальнейшее целевое использование рекультивируемой территории в народном хозяйстве. Наиболее приемлемы для закрытых полигонов сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рекреационное и строительное направления рекультивации.

При осуществлении сельскохозяйственного направления рекультивации выращивание овощей и фруктов, а также коллективное садоводство допускаются через 10–15 лет, создание сенокоснопастбищных угодий через 1–3 года после закрытия полигона.

Строительное направление осуществляется двумя способами:

- строительство объектов на территории закрытого полигона без вывоза свалочного грунта;
- с вывозом свалочного грунта.

Гражданское строительство с подвальными помещениями (жилые здания, детские и лечебно-профилактические учреждения) на территории закрытого полигона без вывоза свалочного грунта не допускается.

Рекультивация полигона выполняется в два этапа: технический и биологический. Технический этап рекультивации включает исследования состояния свалочного тела и его воздействия на окружающую природную среду, подготовку территории полигона (свалки) к последующему целевому использованию.

К нему относятся: получение исчерпывающих данных о геологических, гидрогеологических, геофизических, ландшафтно-геохимических, газохимических и других условиях участка размещения полигона, создание рекультивационного многофункционального покрытия, планировка, формирование откосов, разработка, транспортировка и нанесение технологических слоев и потенциально плодородных почв, строительство дорог, гидротехнических и других сооружений.

Биологический этап рекультивации включает мероприятия по восстановлению территории закрытых полигонов для их дальнейшего целевого использования в народном хозяйстве. К нему относится комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на восстановление нарушенных земель. Биологический этап осуществляется вслед за техническим этапом рекультивации.

Кроме полигонов, на практике встречается большое количество несанкционированных свалок, которые устраивались и эксплуатировались без выполнения каких-либо требований органов санэпиднадзора и охраны природы. Рекультивация таких свалок требует выполнения большого объема подготовительных работ, а именно:

- проведения комплекса экологических исследований (гидрогеологических, геологических, почвенных, исследования атмосферы, проверки отходов на радиоактивность и т. п.);
- решения вопросов по утилизации отходов, консервации фильтрата, использованию биогаза, устройству экранов и т. д.

10.4. Биотехнологии очистки почв и водоёмов

Своевременная, эффективная и не требующая больших материальных вложений очистка почвы и воды, а также утилизация органических отходов требуют разработки новых высокоэкологических технологий. В связи с этим наиболее широкое распространение сегодня получила технология биоремедиации.

10.4.1. Биоремедиация

Биоремедиация (bio — жизнь, remedio — лечение) — комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов — растений, грибов, насекомых, червей и других организмов.

Биоремедиация основана на внедрении в загрязненную экосистему активных микроорганизмов-деструкторов. Для биоремедиации почвы и воды используются

биологические препараты, основу которых составляют специально подобранные микроорганизмы (бактерии), ферменты и биосурфактанты (поверхностно-активные вещества), способные ускорять процесс естественного разложения органического загрязнения.

Бактерии являются живыми организмами, которые потребляют загрязняющее вещество в качестве источника энергии жизнедеятельности и перерабатывают его в безопасные для окружающей среды продукты собственного метаболизма — углекислый газ, воду и минеральные соли. А ферменты и биосурфактанты¹⁹ служат катализатором биологического процесса: они быстро расщепляют органические молекулы, существенно облегчая тем самым усвоение бактериями загрязняющего вещества.

В очищаемую среду или утилизируемые отходы вносятся высокие концентрации ранее выделенных из почвы, селекционированных и размноженных штаммов бактерий в форме готового к применению препарата. Результатом их деятельности станет полная нейтрализация неблагоприятного подавляющего воздействия загрязнителей на естественные процессы биологического самоочищения почвы и воды.

Способность утилизировать трудноразлагаемые вещества антропогенного происхождения (ксенобиотики) обнаружена у многих организмов. Это свойство обеспечивается наличием у микроорганизмов специфических ферментных систем, осуществляющих катаболизм таких соединений. Поскольку микроорганизмы имеют сравнительно высокий потенциал разрушения ксенобиотиков, проявляют способность к быстрой метаболической перестройке и обмену генетическим материалом, им придается большое значение при разработке путей биоремедиации загрязненных объектов.

Биоремедиация включает в себя два основных подхода:

1. биостимуляция - активизация деградирующей способности аборигенной микрофлоры внесением биогенных элементов, кислорода, различных субстратов;
2. биодополнение - интродукция природных и генноинженерных штаммов-деструкторов чужеродных соединений.

Технологии биоремедиации разделяются на различные типы в зависимости от того, проводятся ли они непосредственно на месте загрязнения или вне его; вносятся или нет в загрязненную среду чужеродные микроорганизмы:

- 1) Биоремедиация *in situ* – проводится непосредственно на месте загрязнения путем соответствующей обработки почвы:

¹⁹ Сурфактанты (поверхностно-активные вещества) – вещества, обладающие способностью изменять свойства поверхности жидкости, в которой они растворены. Они накапливаются на границе двух фаз и снижают поверхностное натяжение между ними.

- биовентиляция - закачка воздуха, продолжительность - от нескольких дней до месяца, снижение концентрации ксенобиотика на 90-99%;
- биобарботирование - закачка питательных растворов, продолжительность - от нескольких дней до месяца, снижение концентрации ксенобиотика на 90-99%;
- биодеструкция (разрушение органических веществ) при откачке жидкой фазы загрязнителя под вакуумом (продолжительность - от нескольких дней до месяца и года).

2) Биоремедиация *ex situ* – проводится вне места загрязнения. Загрязненная почва извлекается, подвергается биоремедиации в специальных устройствах и возвращается в место загрязнения. Этот метод сопряжен с высокими затратами на экскавацию и транспортировку загрязненных почв, но зато очистка загрязненной территории осуществляется относительно быстро, предотвращается проникновение загрязнителя в грунтовые воды и на близлежащие территории. К таким способам биоремедиации относятся технологии лэндфарминга, биокомпостирования в буртах на площадках и обработка загрязненной почвы в биореакторах (в аэробных или анаэробных условиях процесс продолжается от нескольких дней до нескольких месяцев, снижение концентрации ксенобиотика на 90-99%).

Лэндфарминг — это очистка извлеченной загрязненной почвы, распределенной на поверхности земли слоем 0,3-0,5 м, за счет биостимулирования аборигенной микрофлоры агротехническими приемами, такими как рыхление и внесение минеральных удобрений, для обеспечения сбалансированного питания микрофлоры, а также полив и обработка биопрепаратами-деструкторами одновременно с поливом и внесением удобрения на фоне проводимых мероприятий.

В целом, принципы биоремедиации можно подразделить на биостимуляцию и биоаугментацию²⁰ (биодополнение).

Биостимуляция *in situ* (биостимуляция в месте загрязнения) – основана на стимулировании роста природных (аборигенных) микроорганизмов, естественно содержащихся в месте загрязнения и потенциально способных утилизировать загрязнитель, но не способных это делать эффективно из-за недостатка основных биогенных элементов (недостаток соединений азота, фосфора, калия) или неблагоприятных физико-химических условий. В этом случае в ходе лабораторных исследований с использованием, например, образцов загрязненной почвы устанавливают, какие именно ростовые факторы и в каких количествах следует внести в загрязненную почву.

²⁰ Биоаугментация – введение группы природных штаммов микроорганизмов или генноинженерных вариантов в окружающую среду с целью достижения ее первоначального состояния, которое было нарушено в результате загрязнения

Биостимуляция *in vitro* («в пробирке»). Отличие этого подхода в том, что биостимуляция образцов естественной микрофлоры загрязненной почвы проводится сначала в лабораторных или промышленных условиях (в биореакторах или ферментерах). При этом обеспечивается преимущественный и избирательный рост тех микроорганизмов, которые способны наиболее эффективно утилизировать данный загрязнитель. "Активизированную" микрофлору вносят в загрязненный объект одновременно с необходимыми добавками, повышающими эффективность утилизации загрязнителя.

Существующие два пути интенсификации биodeградации ксенобиотиков в окружающей среде – стимуляция естественной микрофлоры и интродукция активных штаммов – не только не противоречат, но и дополняют друг друга.

Для ремедиации загрязненных территорий биологические технологии являются наиболее предпочтительными вследствие своей экологической безопасности, низкой себестоимости работ и достаточно высокой эффективности, что было неоднократно продемонстрировано при решении различных экологических задач.

Например, препарат-биодеструктор "Oil-Eaters" производства Fischer Engineering Holding B. V. не только способствует интенсивному разрушению, деградации и поглощению загрязняющих веществ углеводородокисляющими бактериями, но и препятствует возгоранию нефти и нефтепродуктов в случае аварийных проливов. Уникальное сочетание селективно адаптированных к различным условиям жизнедеятельности штаммов бактерий с поверхностно-активными веществами и ферментами делает этот препарат универсальным в применении ко многим загрязняющим веществам органического происхождения, таким как:

- нефтепродукты, например бензин, дизельное топливо, различные виды авиационного топлива и моторные масла;
- гликоли (компоненты антифриза);
- триметилбутиловый эфир;
- полиароматические углеводороды, метанол, топливо на основе метилового спирта;
- толуол и ацетон;
- отходы полиуретанов;
- конденсат нефтепровода;
- органические отходы, такие как жиры и масла;
- органические скопления в дренажных системах предприятий общественного питания (маслянистые осадки, целлюлозные отходы);
- AFFF (пленкообразующие пенные концентраты на водной основе) и т.д.

Для практического выполнения биоремедиации необходимо соблюдение следующих требований:

- выделение технологичных (т.е. пригодных для промышленного использования и безопасных для людей) микроорганизмов,
- подбор условий культивирования выбранных микроорганизмов,
- время, доза и способ внесения биодеструкторов в почву должны устанавливаться в зависимости от вида, концентрации токсиканта и неравномерности его распределения в почве,
- контроль за интегральной токсичностью почвы: продукты деструкции загрязнителя не должны быть токсичны, а почва должна быть достаточно очищена.

10.4.2. Фиторемедиация

Накопленный за последние десятилетия опыт применения биоремедиационных технологий позволил определить наряду с очевидными экологическими и экономическими их преимуществами также и ряд недостатков, главный из которых – проблема приживаемости штаммов-деструкторов в открытой экосистеме. Так как именно микроорганизмы – это те биологические системы, которые обеспечивают минерализацию сложных органических молекул, то основной задачей биоремедиационных технологий является обеспечение их стабильного функционирования в очищаемой почве. Наиболее эффективно использовать для этого растения, так как их ризосфера²¹, как естественная экосистема, может обеспечить и высокую численность микробной популяции, и ее поддержание.

Выделяют несколько основных механизмов фиторемедиации:

Фитоэкстракция — это поглощение, транслокация и аккумуляция загрязнителя в растениях. Процесс лежит в основе очистки почв от тяжелых металлов и радионуклидов.

При *ризофильтрации* происходит сорбция загрязнителя на корнях или других частях растений, что также актуально при ликвидации неорганических загрязнений.

Процессы фитодеградации органических поллютантов находятся в стадии интенсивного исследования.

Ризодеградация — это деструкция загрязнений в корневой зоне растения под действием корневых экссудатов и активности ризосферной микрофлоры. Широкий спектр поллютантов, в том числе и стойких органических загрязнителей (СОЗ), можно разрушить с участием интродуцированных микроорганизмов-деструкторов СОЗ и

²¹ Ризосфера — узкий слой почвы, прилегающий к корням растения и попадающий под непосредственное действие корневых выделений и почвенных микроорганизмов, толщиной около 2-5 мм.

растений, обладающих активной ризосферной микрофлорой, создавая новые растительно-микробные очищающие комплексы.

Экспериментальные и практические работы показали, что фитоэкстракция, возможно, станет эффективным инструментом для удаления металлов из почвы. В идеальном случае для фитоэкстракции нужны растения быстрорастущие, с большой биомассой и обладающие способностью к гипераккумуляции ионов металлов (в том числе изотопов) в зеленой массе. Способность растения к гипераккумуляции определяется коэффициентом бионакопления — отношением концентрации токсиканта в побегах к концентрации в почве. Гипераккумуляторы способны поглощать определенные металлы в количестве, составляющем несколько процентов от веса их сухой биомассы. Собранная растительная биомасса может быть ликвидирована путем сжигания и последующей утилизации золы на полигонах. Если токсические элементы представляют коммерческую ценность, их можно извлечь с использованием процедуры экстракции. Растения, образующие достаточно большое количество наземной биомассы, которые могут скашиваться несколько раз за сезон для удаления токсических элементов, — наилучшие кандидаты для фитоэкстракции. Чтобы быть наиболее полезными для фиторемедиации, эти растения должны аккумулировать в растительных тканях токсические элементы в количестве порядка 2—5% сухой массы.

В базе данных PHYTOREM, созданной отделом по использованию экологических биотехнологий в г. Хал (Квебек, Канада), собрано огромное количество информации по наземным и водным растениям со всего мира, которые обладают потенциалом для использования их в фиторемедиации участков, загрязненных металлами.

По большей части растения рассматриваются как аккумуляторы, если они накапливают металлы в концентрации 100—200 мг/кг сухой массы. Растительные виды считаются гипераккумуляторами, если они поглощают более 1000 мг/кг сухой массы большинство металлов, 10000 мг/кг Mn или 100 мг/кг Cd. Было обнаружено, что 465 видов растений проявляют некоторые способности к ремедиации от какого-либо одного элемента. Кроме того, было найдено, что 66 видов обладают способностью поглощать два элемента, тогда как 25 видов проявляют способность аккумулировать три элемента, а 15 видов — до четырех элементов и более.

Кроме того, было обнаружено, что некоторые растения, представленные в табл. 10.2, способны накапливать очень высокие уровни металлов. Некоторые гипераккумуляторы, такие как подсолнечник или люцерна, представляют собой важные агенты с наиболее высоким потенциалом для фиторемедиации, так как они являются возделываемыми растениями, приемы культивирования которых хорошо отработаны.

Растения, обладающие способностью к фиторемедиации углеводородных загрязнителей

Вид растения	Углеводороды	Механизм фиторемедиации
Семейство мятликовые		
Житняк Смита (Agropyron smithii Rydb)	Хризен, бенз(а)пирен, бенз(а)антрацен, дибенз(а,h)антрацен	Поглощение и непосредственная деградация
Просо прутьевидное (Panicum virgatum L.)	Антрацен, пирен	Ризосферный эффект
Плевел многолетний (Lolium perenne L.)	Смесь УВ: алканы, пристан, гексадекан, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен	Ризосферный эффект
Плевел многоцветковый (Lolium multiflorum L.)	Сырая нефть, дизельное топливо	Ризосферный эффект
Семейство бобовые		
Люцерна посевная (Medicago sativa L.)	Бензол, антрацен, пирен, нафталин	Бензол проникает в ткани, антрацен и пирен деградируют вследствие ризосферного эффекта, нафталин сорбируется на корнях
Соя (Glycine max L.)	Антрацен	Поглощение и непосредственная деградация
Семейство зонтичные		
Морковь обыкновенная (Daucus carota L.)	ПАУ	Аккумуляция
Семейство ивовые		
Тополь дельтовидный (Populus deltoids Marsh)	Бензол, толуол, ксилол	Ризосферный эффект

Некоторые растения способны поглощать различные углеводороды (нефтепродукты и их производные), как показано на рис. 10.8.

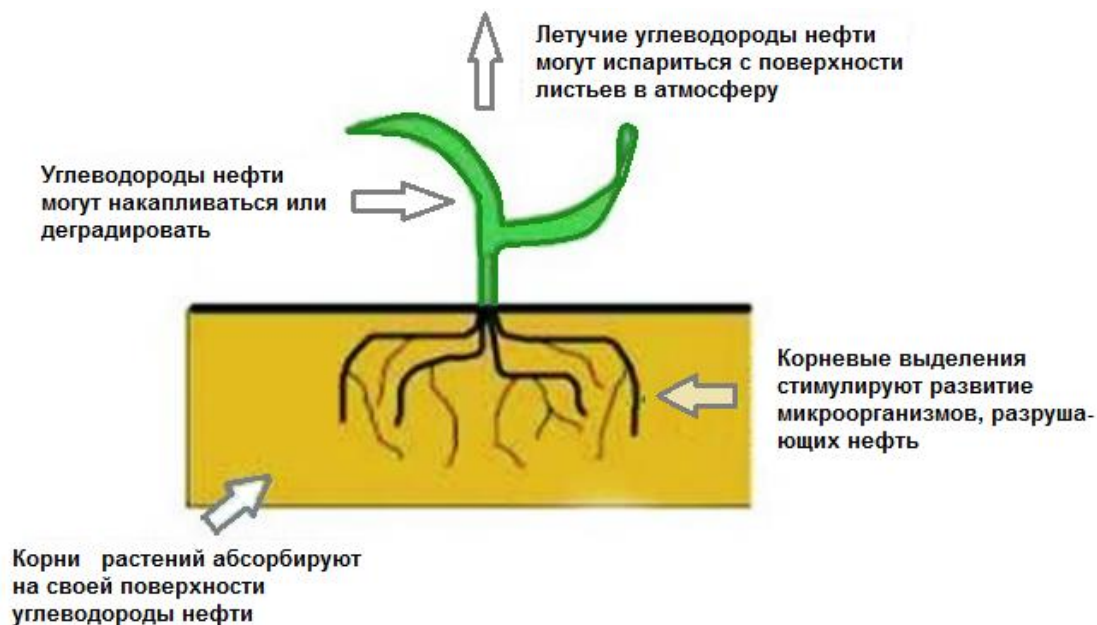


Рис. 10.8. Механизмы фиторемедиации углеводородов

Основными физиолого-биохимическими процессами растений, определяющими снижение концентрации углеводородов в почве, могут являться: 1) поглощение в транспирационном потоке; 2) транслокация в растениях; 3) трансформация в растениях 4) экскреция (улетучивание из растений через транспирацию или выделение соединений через корни). В экспериментах над большим числом растений в стерильных и не стерильных условиях было показано, что способность к усвоению и превращению углеводородов является общим свойством высших растений. Растворимые в воде углеводороды могут усваиваться через корни в виде водных растворов.

10.4.3. Биоремедиация воды

Биоремедиация многокомпонентных сильнозагрязненных стоков экономична, не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат. Локальные установки, в которых реализуется очистка, занимают незначительные площади, просты и надежны в обслуживании. К ее преимуществам относится также то, что по сравнению с химической она не вызывает появления в окружающей среде нового загрязняющего соединения.

Основные факторы, определяющие возможность биоремедиации сточных вод:

- способность органических веществ, содержащихся в стоках, биохимически окисляться;
- наличие необходимых питательных веществ (К, Р, К, С, витамины и микроэлементы);
- концентрация загрязненных веществ не превышает установленную норму;

- рН среды должна быть близкой к нейтральной;
- в сточных водах должны отсутствовать поверхностно-активные вещества, мешающие доступу кислорода на очистное сооружение.

Эффективность биоремедиации связана с устранением недостатков биохимического способа очистки, основанной на деятельности спонтанной микрофлоры активного ила. Достоинство применяемых для биоремедиации чистых культур специфических деструкторов заключается в том, что они могут быть использованы в иммобилизованном²² виде на *абсорбентах* и *биофильтрах* для предотвращения вымывания клеток из системы.

10.4.4. Вермикомпостирование

Вермикомпостирование является одной из широко применяемых разновидностей биотехнологий. Это технология переработки земляными червями органического сырья в удобрение.

Процессы переработки твердых органических отходов и субстратов с помощью культуры дождевых (в англоязычной и немецкоязычной литературе – земляных) червей, использующих органические вещества в качестве источника питания (и одновременно среды обитания), называются вермикультивированием и вермикомпостированием (от латинского *vermis* – червь). При переработке отходов этими методами конечными продуктами являются биогумус (органическое удобрение) и биомасса дождевых червей.

Вермикультивирование в большей степени ориентировано на получение массы дождевых червей с целью их последующего использования в качестве кормовой добавки в рационах питания птиц и свиней, в фармацевтике, а также в технологиях обезвреживания почвенных загрязнений, восстановления почв и повышения их плодородия. Метод биоремедиации, при котором используется способность земляных червей и других представителей почвенной мезофауны разрыхлять почву, облегчая тем самым дренаж воды и проникновение газов, называется биорыхлением (*bioturbation*).

Основные цели вермикомпостирования – переработка органических субстратов для получения удобрительных компостов (биогумуса) и восстановления плодородия почв, обезвреживание бытовых отходов, осадков сточных вод, других отходов, трудно поддающихся утилизации.

Дождевые (земляные) черви стали объектом пристального научного внимания и практической деятельности в области земледелия, кормопроизводства и экологии благодаря своим уникальным свойствам: неприхотливости к условиям питания и

²² Иммобилизация – ограничение подвижности в пространстве

содержания, быстрому приросту биомассы и высокому содержанию белков в их теле. Они рассматриваются в настоящее время как одно из приоритетных средств ведения «биологического земледелия» и экологически чистого сельскохозяйственного производства, переработки различных органических отходов.

Дождевые черви использовались еще со времен Древнего Египта – ими обрабатывали наносный ил Нила для выращивания сельскохозяйственных культур. В XIX в. червей стали использовать и для утилизации отходов растительного происхождения. Ч. Дарвин в своей монографии «Разложение плесени овощей под действием дождевых червей», опубликованной в 1881 г., и А. Брэм описывали возможность переработки червями листьев, веток, коры, опилок, кожи, костей и др. Современный этап изучения дождевых червей, их промышленного получения и использования начался с зарубежных исследований в 40–50-х гг. XX в., когда было доказано увеличение урожаев сельскохозяйственных культур (хлебных злаков и др.) с помощью червей.

Наиболее широко используется в вермикультуре навозный (компостный) червь *E. foetida*. Этот червь широко распространен в мире. В 1959 г. в США в штате Калифорния был выведен гибрид навозного червя *E. foetida*, получивший название красного калифорнийского червя (*Eisenia foetida* red hybrid of California). Этот червь отличается высокой интенсивностью питания и скоростью утилизации исходных субстратов (при благоприятных условиях органические отходы перерабатываются за 1–2 месяца), быстрым половым созреванием (6–8 недель), высокой плодовитостью (откладывает до 10 коконов в неделю), дает 4–5 поколений в год при высоком коэффициенте размножения (1 : 1500 в течение года) и имеет большую продолжительность жизни (до 15–16 лет). Максимального размера особи красного калифорнийского червя (ККЧ) достигают в семимесячном возрасте, когда их масса составляет в среднем 2,4 г. Он хорошо размножается в неволе на различных отходах – всех видах навоза, соломе, макулатуре, листовом опаде, бытовом мусоре. Красный калифорнийский червь в настоящее время наиболее широко применяется во многих странах в промышленном вермикомпостировании и вермикультивировании.

К настоящему времени получены более продуктивные промышленные линии дождевых червей, адаптированные к различным типам отходов, включая загрязненные такими вредными соединениями, как ПАУ, ПХБ, пестициды, тяжелые металлы и радионуклиды. Среди различных разновидностей дождевых червей некоторые линии получены путем скрещивания диких рас *Eisenia foetida* и ККЧ с последующей селекцией по необходимым признакам. К ним относится, в частности, линия, получившая название

«Оболенский гибрид», пригодная для зимовки в навозе крупного рогатого скота в открытом грунте.

В результате переработки органических отходов дождевыми червями получают биогумус. Биогумус, иначе называемый вермикомпостом, представляет собой материал, прошедший через кишечник животного, и остатки исходного субстрата.

Черви пропускают через кишечник различные вещества: растительные остатки, органические отходы, минеральные вещества почвы. Отходы, прошедшие через пищеварительный тракт червей, подвергаются размельчению и существенным биохимическим изменениям: органические соединения расщепляются на более простые вещества, обогащаются соединениями калия, магния, фосфора и ферментами. Минеральные соли трансформируются в легкодоступные формы для растений, при этом также происходит нейтрализация кислот, содержащихся в первичном субстрате. В процессе переваривания растительных остатков в кишечнике червей уменьшается содержание легко- и трудногидролизуемых полисахаридов и лигнина. В результате продукт жизнедеятельности червей представляет собой материал, обогащенный биологически активными соединениями, гуминовыми веществами и полезной микрофлорой и приближающийся по своим физико-химическим свойствам к почвенному гумусу. По содержанию гумуса биогумус превосходит навоз и компосты в 4–10 раз. В копролитах червей естественных популяций содержится 11–15% гумуса, а в копролитах культивируемых – от 25 до 35% на сухое вещество.

Устройство для содержания дождевых червей с целью утилизации бытовых отходов называется вермикультиватором (или вермикомпостером). В его качестве могут использоваться пластиковые или деревянные ящики, бочки, корзины; участки земли, огороженные досками, и тому подобное. Субстрат, приготовленный для вермикомпостирования, должен полностью дозреть (перебродить), иначе черви погибнут от выделяющихся газов и повышенной температуры.



Рис. 10.9. Вермикультура – малощетинковые («дождевые черви»)

Вермикомпостирование различных растительных субстратов можно существенно ускорить путем их предварительной обработки: запариванием, частичным гидролизом химическими реагентами, обработкой микроорганизмами или ферментами. Предобработка позволяет также сделать доступными для вермикомпостирования такие субстраты, как кора деревьев, лигнин. Однако предобработка субстрата оказывается экономически невыгодной из-за высокой энергоемкости и трудоемкости операции. В качестве другого варианта ускорения вермикомпостирования возможно использование микробных препаратов, активирующих рост червей.

Биогумус обладает ценными качествами для ремедиации загрязненных, рекультивации и реабилитации истощенных почв. Гумус, обладающий повышенными сорбционными и связующими свойствами ко многим загрязнениям, включая такие, как ПАУ, тяжелые металлы и радионуклиды, существенно уменьшает их поступление в растительную сельскохозяйственную продукцию. Например, внесение биогумуса в количестве 5–7,5 т/га снижает в почве содержание радионуклидов на 30% и уменьшает их поступление в растения на 60–70%.

Другой путь улучшения свойств почв возможен путем внесения живой культуры червей (полевое вермикультивирование, метод биорыхления при ремедиации почвы). Для этой технологии больше подходят не черви – гумусообразователи («навозные»), производящие биогумус, а черви – гумусопотребители («почвенные»), которые не только образуют биогумус, но и окультуривают почву и тем самым повышают ее плодородие.

Вермикультуру предложено использовать для ремедиации почв, загрязненных радионуклидами. Внесенные в почву черви улучшают дренируемость почв, что способствует выведению радионуклидов в более глубокие подпочвенные горизонты. Также с помощью червей радионуклиды можно извлекать из почвы. Радионуклиды накапливаются в массе червей. Черви собираются с использованием приманки и сжигаются, оставшаяся зола прессуется.

Дождевые черви устойчивы к содержанию в почве: бензина – 70 мг/кг, дизельного топлива – 2000 мг/кг, нефти – 5000 мг/кг.

Сочетание вермикомпостирования и вермикультивирования с рациональным севооборотом является одним из приемов, используемых в технологии биологического земледелия. Использование больших доз биогумуса (40–100 т/га) в этой технологии резко (в 5–10 раз) увеличивает урожайность культур, что сокращает требуемые для их возделывания площади, расходы на вспашку, посеvy, внесение химических удобрений, уборку урожая, делая сельскохозяйственное производство конкурентоспособным.

Контрольные вопросы

1. Назовите методы сокращения эмиссий от полигонов ТБО.
2. Какие технологии удаления и очистки фильтрата Вам известны?
3. Что понимается под биотехнологиями очистки почв и водоёмов?
4. Какие биотехнологии могут применяться для переработки отходов?
5. Что такое биоремедиация? Её виды?
6. Что представляет собой фиторемедиация?
7. В чем заключается вермикомпостирование?

ГЛАВА 11. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

11.1. Особенности систем поддержки принятия решений в природоохранной деятельности

Все возрастающую роль в обеспечении охраны окружающей природной среды и рациональном использовании природных ресурсов играют методы оптимизации управленческих решений, основанные на широком использовании экономико-математических методов, сетевых моделей, автоматизированных систем управления и компьютеров в разработке, оптимизации и принятии управленческих решений.

Системы автоматизированного проектирования (САПР), используемые при решении природоохранных задач, должны обладать набором баз данных, оптимизационными методами, возможностями машинной имитации и картографирования, графическими интерфейсами, ГИС, различными средствами анализа и демонстрации результатов. В процессе принятия управляющего решения важное значение имеет сбор экологических данных, для которого используют системы мониторинга. Общая схема организации управления объектами загрязнения представлена на рисунке 11.1.

Важным элементом региональной системы управления природоохранной деятельностью является сбор и обработка информации о состоянии окружающей среды. Анализ информации позволит принимать оптимальные управляющие решения и избежать управленческих ошибок. С этих позиций разработка оптимального управленческого решения предполагает выполнение следующего алгоритма (рис. 11.2).

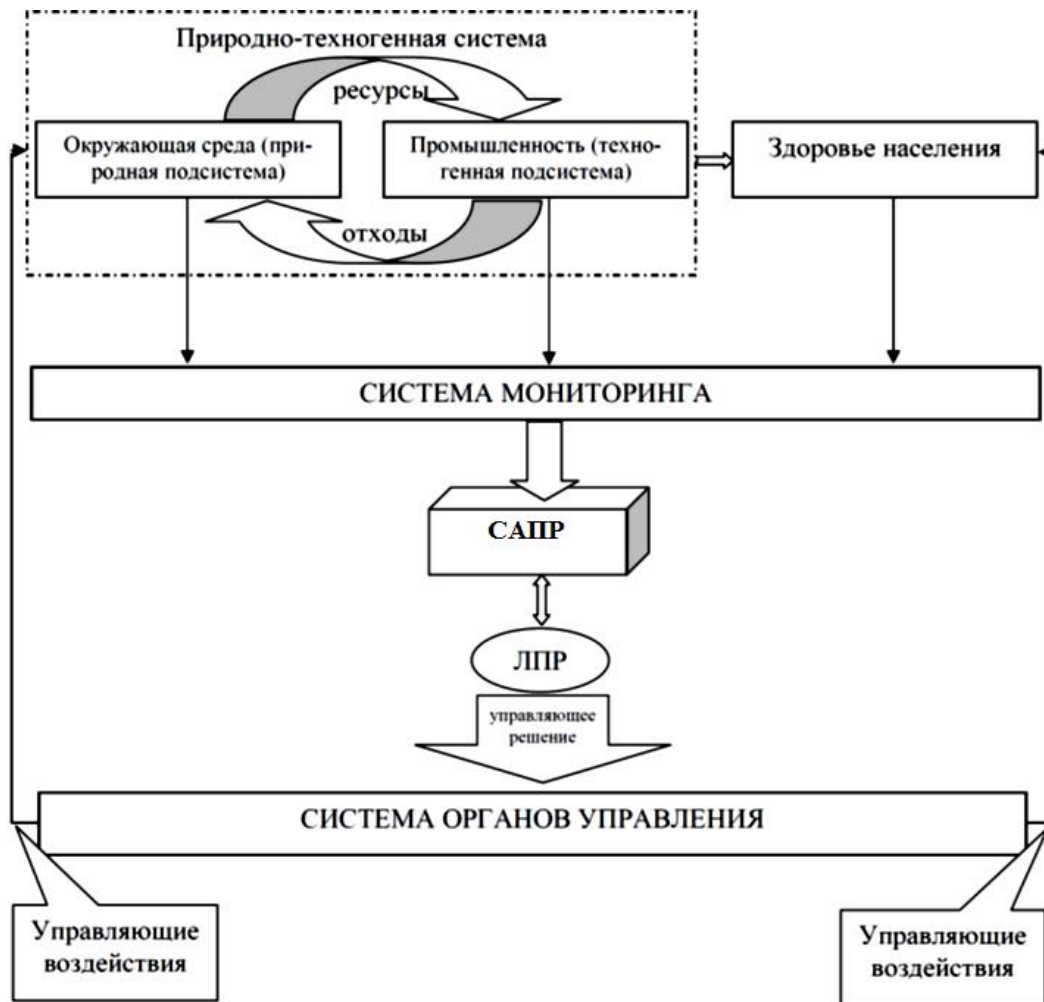


Рис. 11.1. Общая схема организации управления объектами загрязнения
ЛПР – лицо, принимающее решение

Выработка и принятие управленческих решений осуществляется при постоянном изменении внешних и внутренних условий функционирования системы. Это делает необходимым использование современных методов информационного обеспечения лиц, принимающих решение (ЛПР), таких как геоинформационные системы.

ГИС, как системы управления в экологии, предназначены для обеспечения принятия решений по оптимальному управлению природными объектами. При этом для принятия решений в числе других всегда используют картографические данные. В геоинформационной САПР управлением природными объектами лицо, принимающее решение, дает управляющие рекомендации, опираясь на результаты контроля состояния природной среды, данных об уровнях сбросов и выбросов, о размещении отходов и другие показатели, постоянно изменяющиеся во времени. Все эти изменения отражаются в ГИС, что и позволяет ЛПР принять оптимальное на данный момент решение.

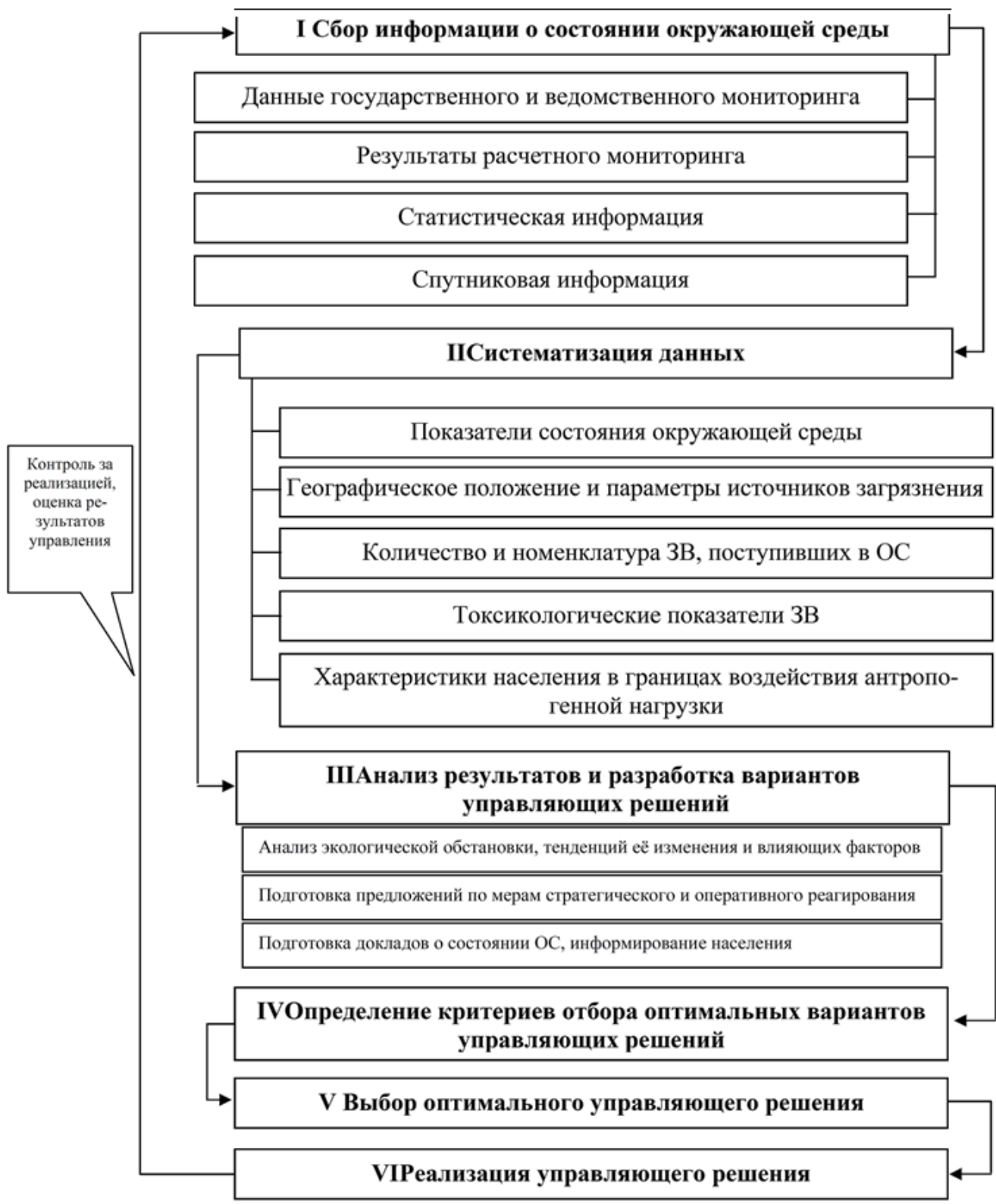


Рис. 11.2. Алгоритм управления природоохранной деятельностью на уровне природоохранного органа

Таким образом, в ГИС объединяется множество новых технологий пространственного анализа данных, в силу чего, геоинформационные технологии

предоставляют мощные средства преобразования и синтеза разнообразной информации для задач управления.

11.2. Организационное управление охраной окружающей среды с использованием информационных технологий

Организационное управление природоохранной деятельностью требует принципиально нового подхода к организационным структурам производства, переработки и представления данных о состоянии окружающей среды и здоровья населения, а также среде его обитания на базе современных информационных технологий. Для оценки пригодности данных технологий должен использоваться комплекс критериев, включающий: возможность накопления, систематизации, обработки и анализа больших объемов разнородной территориально-распределенной информации на всех уровнях управления; использование общепринятых форматов баз данных (БД); открытость информационной системы, дающая возможность информационного взаимодействия с системами государственных органов власти и управления; гибкость, позволяющая осуществлять поэтапное внедрение; наличие развитых возможностей экспорта и импорта данных; применение развитых и общепризнанных технических платформ; экономическая целесообразность. Наиболее полно данным требованиям соответствуют геоинформационные системы (ГИС).

Значимость ГИС-технологий для целей охраны окружающей среды и здоровья населения заключается в возможностях ГИС обеспечить поддержку и всесторонний анализ комплексной многоаспектной территориально-распределенной информации: систематизацию информации, накапливаемую в системе, дифференцированный анализ эколого-гигиенического состояния территории, прогнозирование тенденций, определение наиболее опасных “горячих” точек, разработку адекватных и эффективных приоритетных и перспективных мероприятий по улучшению обстановки.

На локальном уровне применение ГИС позволяет эффективно решать задачи во всех областях управления городской инфраструктурой. Во всех развитых странах, в десятках тысяч больших и малых городов ГИС играют важную роль в переходе муниципалитетов к более эффективной и продуктивной работе.

Еще 15 лет назад, по данным известного журнала GIS WORLD (теперь GeoWorld), только в США в муниципальных органах работало 200-300 развитых ГИС-систем, а количество вводимых в действие составляло 1500-2000. С тех пор сохраняются высокие темпы внедрения ГИС в муниципальных органах страны.

Так, летом 2003 года некоммерческая исследовательская компания Public Technology, Inc (PTI), совместно с Национальной лигой городов США (NLC), Национальной ассоциацией округов (NACo), Международной ассоциацией городского/окружного управления (ICMA), и Департаментом внутренних дел США (DOI) провели общенациональный опрос с целью выяснить, на каком уровне находится использование ГИС-технологий местными (городскими и окружными) правительствами. По результатам анализа данных, полученных в ходе этого опроса, оказалось, что большинство местных правительств в этой стране получают реальную пользу от использования ГИС-приложений и технологии создания и предоставления картографических материалов.

ГИС используют 97% городов и округов с числом жителей не менее 100 тысяч, и 88% - с населением от 50 до 100 тысяч. Кроме того, 56% малых городов с числом жителей менее 50 тысяч в своей деятельности также используют различные ГИС-приложения.

На уровне округов ГИС используется еще активнее, чем в городах.

Рассмотрим функциональные возможности некоторых ГИС зарубежного производства.

IDRISI (США). Растровая ГИС, реализующая ряд базовых функций. Предназначена для исследования и обучения в области информационных ГИС-технологий.

Система **EPPL7** (США). Представляет собой достаточно компактное программное средство ГИС, обеспечивающее векторный ввод, растровую обработку и вывод пространственно-координированных данных. К достоинствам системы можно отнести ее открытость — возможность встраивания пользователем его прикладных задач, программируемых на Паскале (модуль SHELL). В России эта система нашла применение в ряде исследовательских организаций, к числу которых относятся Почвенный институт им. В.В.Докучаева, Институт географии РАН, ВНИИЦ Экология, Госцентр “Природа”. К недостаткам пакета относится отсутствие возможности работы системы с большой географической нагрузкой, отсутствуют также возможности цветового оформления картографических материалов средствами векторного редактора. Пакет работает на персональных компьютерах типа IBM PC под управлением DOS.

FINGIS. Разработчик - Гидрологический отдел национальной службы вод Финляндии. Система предназначена для обеспечения исследований планирования и мониторинга гидрологических ресурсов. Исходя из накапливаемых в системе данных, осуществляется расчет объемов стока, исследуются другие гидрологические и экологические характеристики.

GRID. Разработчик – международная служба управления данными в рамках Программы по охране окружающей среды Организации Объединения Наций. Цель – создать глобальные массивы данных о почвах, гидрологии, растительности, землепользовании, климате, загрязнении, для решения задач инвентаризации, докладов о существующем положении, мониторинга изменений состояния окружающей среды, научных исследований, прогноза, активного планирования, политического развития, локализации ресурсов.

INTERGRAPH (США). Система ориентирована на использование рабочих станций производства фирмы Intergraph, обеспечивая уникальные графические возможности. Многочисленные расширения системы включают семейство математических модулей загрязнения окружающей Среды ERMA. В России продукция Intergraph использовалась в системе Роскомзема при создании земельных кадастров, а также муниципальными службами ряда крупных городов.

11.3. Методологические аспекты разработки автоматизированных информационно- аналитических систем управления отходами

Информатизация управления охраной окружающей среды, в целом, и управления отходами, в частности, основана на системной интеграции компьютерных средств, информационных и коммуникационных технологий в целях получения новых общесистемных свойств, позволяющих более эффективно организовать природоохранную деятельность.

Принятие управленческих решений в сфере обращения с отходами осуществляется в условиях неопределенности, вызванной отсутствием оперативной информации (по контуру обратной связи управляющей системы) о контролируемых показателях природоохранной деятельности, результатах производственного контроля. Обработка экологической информации осуществляется с периодичностью, ограниченной загруженностью кадровых ресурсов природоохранной организации. Низкое временное разрешение контролируемых показателей ограничивает возможность прогнозирования их динамики и среднесрочного планирования природоохранной деятельности, негативно влияет на время реагирования системы управления в целом.

Одним из перспективных направлений, обеспечивающих решение вышеуказанных проблем, является использование современных систем информационно-аналитического управления отходами. Цель их создания – комплексная автоматизация процессов управления отходами, в том числе контроль за негативным воздействием

процессов обращения с отходами на окружающую среду, обеспечение поддержки принятия экологически ориентированных управленческих решений.

Проведение автоматизации управления отходами предусматривает процедуру формализации процессов природоохранной деятельности предприятия, создание логической и функциональной моделей исследуемой системы, что, в свою очередь, требует комбинации различных специальных методик и разработки соответствующей оптимальной последовательности их применения. Системный подход к разработке информационно-аналитических систем управления подразумевает, как правило, решение следующих задач: разработку функциональной модели системы управления отходами; построение матриц взаимодействия автоматизируемых процессов и процессов маршрутизации данных; моделирование логической архитектуры хранилища данных; разработку комплекса программных и технических средств.

Главным методологическим инструментом для выполнения всех этапов программного проектирования служит системный анализ – SADT (Structured Analysis & Design Technique).

На начальных этапах разработки информационной системы для описания автоматизируемых функций и процессов представляется целесообразным использование следующих методологий: проектирование функциональной модели; моделирование потоков данных; разработка логической архитектуры хранилища данных.

По результатам анализа существующей системы оперативного управления отходами территориальной природоохранной организации создается принципиальная диаграмма работ и операций по сбору, обработке и управлению экологическими данными.

Опыт разработки информационно-аналитических систем управления показывает целесообразность создания отдельных программных модулей и подсистем, соответствующих различным направлениям деятельности по управлению отходами. Так, информационно-аналитическая система управления отходами должна решать следующий круг задач:

- оперативный контроль мест несанкционированного размещения отходов на территории города;
- производство расчетного мониторинга²³ мест размещения отходов, в том числе несанкционированных свалок;

²³ Понятие «расчетный мониторинг» определяется как регулярные работы по определению пространственно-временных характеристик объекта загрязнения на основе расчетов по математическим моделям с использованием данных инвентаризации, а также климатических и метеорологических характеристик.

- учет мест образования и номенклатуры отходов производства и потребления на предприятиях города;
- информационное обеспечение разработки проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение;
- планирование хода проведения государственного экологического контроля;
- ведение документооборота по учету образования отходов производства и потребления на территории среднего города.

В условиях ограниченных финансовых ресурсов использование геоинформационных технологий как основного инструмента для оценки и управления воздействием отходов на городскую среду представляет собой решающий фактор в улучшении сложившейся ситуации.

11.4. Применение ГИС для учета несанкционированных свалок

На основе существующих ГИС возможна разработка геоинформационной системы, предназначенной для комплексного информационно-аналитического обеспечения процессов обращения с отходами производства и потребления.

В состав проектируемой ГИС должны войти следующие подсистемы: подсистема учета мест несанкционированного размещения отходов, подсистема определения мест несанкционированного размещения отходов с использованием данных дистанционного зондирования, подсистема учета образования отходов производства и потребления на предприятиях города, подсистема оценки химического загрязнения почвы.

Автоматизированный метод мониторинга основан на разработке и использовании специальных программных средств, при работе с которыми требуются специализированные навыки, в частности изображения следует подвергать обработке. К тому же работа этих программ почти всегда дает ошибки детектирования, обнаружения объекта. Но при этом по результатам разработки и тестирования программы детектирование может быть выполнено сразу по большой области покрытия, что повышает быстродействие работы оператора.

Существует множество методик детектирования объектов захоронения отходов (ОЗО) по космическим изображениям. Так, методика индексов реакции растительности работает со снимками низкого пространственного разрешения (в частности, Landsat 4–8). Для детектирования ОЗО требуется временная серия изображений, которые получаются геопривязкой и разложением больших изображений на участки (постоянных или переменных размеров). Визуальная методика (по аэрокосмическим и наземным изображениям) считается наиболее точной, но для этого область наблюдения

сканируется в ручном режиме, просмотром, прослеживанием территории. Однако в связи с «ручным» характером методики ее эффективность уменьшается с ростом размера области наблюдения. Методика эталона позволяет детектировать следы (признаки наличия) ОЗО на базе одного изображения, что оказывается эффективнее для снимков низкого пространственного разрешения (особенно крупных), хотя может быть применима и для высокого. В методике используется точное совпадение коэффициентов спектральной яркости пикселей снимков на всех каналах по эталонным значениям, взятым с известных ОЗО на снимке.

Преимущества визуального детектирования: 1. Простота реализации – задача может быть решена даже учащимися старших классов школ в свободное от основных занятий время, и может приносить определенное удовольствие от работы; 2. Высокая производительность – используя минимум информации на входе (Google Earth и собственное зрение), можно получить максимум информации на выходе (до полного анализа объекта); 3. Точность – даже в автоматизированных программах возникают ошибки детектирования, которые устраняются оператором, т. е. человеческое зрение делает меньше ошибок, чем «машинное»; 4. Наглядность – видимые изображения наиболее близки человеческому зрению, поэтому визуальное детектирование удобно проводить по космическим видимым изображениям, несмотря на то, что они отражают вид сверху. Недостатки визуального детектирования: 1) необходимость ручного и детального прослеживания области наблюдения; 2) индивидуальная работа с каждым изображением; 3) высокая трудоемкость ввиду невозможности масштабного мониторинга области наблюдения; 4) невозможность полного анализа объекта ввиду использования ограниченного числа каналов изображений, в частности только видимых каналов изображений (другие каналы, такие как инфракрасный или тепловой, не используются). По космическим изображениям можно увидеть сам ОЗО, а конкретный мусор (пластиковую бутылку, резиновую камеру и т. п.) как мельчайшую составляющую ОЗО – нельзя. Иногда даже сам ОЗО нельзя увидеть на изображении, ввиду малости его размера. С точки зрения визуального детектирования ОЗО – объекты, которые сильно отличаются от окружающей среды. ОЗО относятся к видимым сверху объектам. Правда, видна только поверхность этих объектов, а то что происходит внутри них и под ними, остается невидимым. Но это не значит, что невидимое является неизвестным, т. к. признаки процессов, происходящих внутри объекта, могут иметь проявление на его поверхности. Т. е. имеет место некоторый «градиент», воздействующий изнутри наружу Земли, причинами которого могут быть солнечная активность и гравитация. Распознать свалку, конечно, проще по фотографии, т. к. это привычнее. Но ввиду того, что всю планету с фотоаппаратом обойти проблематично,

целесообразно использовать космические изображения и сверху, со стороны, обследовать свалки. По сути это те же полевые наблюдения, включающие фотографии, но более масштабные.

Контрольные вопросы

1. Как используются САПР и ГИС для решения экологических задач?
2. Охарактеризуйте схему организации управления объектами загрязнения?
3. Как осуществляется организационное управление охраной окружающей среды с использованием информационных технологий?
4. Охарактеризуйте проблемы и принципы разработки автоматизированных информационно-аналитических систем управления отходами.
5. Как можно использовать ГИС для учета несанкционированных свалок?

ГЛАВА 12. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ

12.1. Классификация промышленных отходов

Наиболее широкой классификацией промышленных отходов (ПО) является их разделение по агрегатным (физическим) состояниям: твердые отходы, жидкие отходы и газовые отходы. При этом в отдельную рубрику попадают энергоотходы, представляющие специфический вид отходов.

Единая классификация, учитывающая абсолютно все аспекты отходов (происхождение, физические и химические свойства, состав, агрегатное состояние, санитарно-гигиенические характеристики, уровень экологической опасности, условия транспортировки, способы переработки и пр.), до сих пор не создана.

Следует отметить, что в ряде зарубежных стран помимо подробных научных каталогов отходов существуют и практические классификаторы, ориентирующие внимание технологов на наиболее значимые, масштабные, вредные или опасные отходы. Так в Канаде в конце прошлого века был принят каталог, в который вошли 10 категорий отходов: органические химикаты (растворители, масла, жиры и т.п.), кислоты, щелочи, металлы, пластмассы, ткани, кожи, резины, бумага и древесные отходы. В США подобный классификатор отражает региональный характер отходов и содержит около 115 наименований, из которых половина предлагается для утилизации, а остальные подлежат обезвреживанию и захоронению.

Практически же большая часть отходов попадает в сферу так называемой отложенной переработки, образуя свалки, склады, полигоны, которые со временем превращаются в опасные техногенные объекты.

Удобна классификация, предложенная Институтом генерального плана Москвы и включающая 13 категорий отходов: 1 – все отходы неорганического синтеза, включая осадки и шламы неорганических производств; 2 – все отходы органического синтеза, нефтепереработки, легковоспламеняющиеся и смазочно-охлаждающие жидкости, отходы производства лаков, красок, эмалей; 3 – все виды полимеров; 4 – все резинотехнические изделия; 5 – все отходы деревопереработки; 6 – вся макулатура; 7 – металлы, сплавы, лигатуры, припой; 8 – золы, шлаки, пески, пыли; 9 – пищевые отходы; 10 – отходы текстильной и легкой промышленности; 11 – стекла, эмали, фарфор, керамика; 12 – отходы строительной индустрии; 13 – осадки и примеси промышленных и бытовых сточных вод.

В зависимости от степени воздействия ПО на окружающую среду отходы подразделяют на токсические и нетоксичные. Действующий в Республике Узбекистан СанПиН РУз № 0128-02. «Гигиенический классификатор токсических промышленных отходов в условиях Республики Узбекистан» подразделяет токсические промышленные отходы на 4 класса:

1 класс – чрезвычайно опасные, которые наносят непоправимый вред окружающей среде;

2 класс – высоко опасные. Окружающая среда будет нейтрализовать их негативное воздействие более 30 лет;

3 класс – умеренно опасные. Окружающая среда будет восстанавливаться на протяжении 10 лет;

4 класс – мало опасные. Вред, нанесенный окружающей среде, нейтрализуется в течение 3 лет.

Для практических целей ПО подразделяют следующим образом:

- промышленные отходы, допустимые для совместного складирования с твердыми бытовыми отходами (ТБО) на городских свалках;
- промышленные отходы, подлежащие утилизации;
- токсичные промышленные отходы, складированные на специально оборудованных полигонах.

Отходы считаются опасными, если материал или вещества, содержащиеся в них, являются вредными для природы. Примеры вредных отходов включают: а) асбест; б) химические вещества, например, тормозная жидкость или тонер для печати; в) батареи

аккумуляторные; г) растворители; д) пестициды; е) масла (кроме съедобных), например, автомобильное масло; ж) оборудование, содержащее озоноразрушающие элементы.

На промышленные отходы, относящиеся к 1-4 классам, обязательно разрабатывается паспорт (отдельно на каждый вид отхода). Компоненты указываются в соответствии с протоколом лабораторных исследований и технологической операции, в процессе которой образовался отход. Далее полученные данные анализируются в соответствии с требованиями ГОСТов, где указывается каждое вещество, его свойства и степень опасности.

При составлении паспорта используют Руководящий документ РУз О'z РН 84.3.18:2005 «Паспорт отхода», а для оценки объемов образования отходов на производстве – О'z РН 84.3.15:2005 «Порядок организации и проведения инвентаризации отходов» и О'z РН 84.3.21:2005 «Методические рекомендации по определению нормативов образования отходов».

Функционально промышленные отходы подразделяют на три основные группы:

- 1) отходы, которые складированы на свалках, сжигаются на открытых площадках, захораниваются, сбрасываются в водоемы, загрязняя тем самым окружающую среду;
- 2) отходы, используемые в народном хозяйстве;
- 3) отходы, которые применяются на самих предприятиях для получения товарной продукции.

12.2. Оценка рисков накопления промышленных и транспортных отходов

Как указывалось в разделе 12.1, отходы разделяются на твёрдые, жидкие и газообразные. Все эти отходы могут вызывать загрязнение почвы, воды и воздуха из-за накопления в них различных вредных веществ. Загрязнение, в свою очередь, может привести к необратимым нарушениям в окружающей среде. Таким образом, можно сказать, что в настоящее время окружающая среда представляет собой «зону риска».

Риск – это возможность нанесения вреда кому-либо или чему-либо в результате недостаточно продуманных действий.

В бытовом смысле риском может быть возможность потерять работу из-за прогулов, получить тяжелую травму при восхождении на гору без соблюдения техники безопасности и т.д. и т.п. В экологическом смысле риск – это возможность нанести ущерб окружающей среде и человеку различными процессами, происходящими в промышленных производствах и на транспорте.

Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Сфере накопления промышленных отходов на полигоне присущи следующие экологические риски:

1. Загрязнение атмосферы эмиссиями складированных отходов.
2. Загрязнение почв тяжелыми металлами, особенно с несанкционированных свалок.
3. Загрязнение грунтовых и окологрунтовых вод в местах расположения полигонов и несанкционированных свалок.
4. Отторжение плодородных почв под строительство новых полигонов.

Пример 2. Система очистки сточных вод и канализация сопровождаются следующими рисками:

1. Загрязнение почвы фекальными водами (болезнетворными микроорганизмами) на территориях, прилегающих к водным артериям при аварийном сбросе из дюкерных пересечений.
2. Загрязнение атмосферы продуктами гниения и брожения
3. Загрязнение водных объектов при несанкционированном сбросе в канализацию неочищенных технологических стоков.

Пример 3. Риски, возникающие при эксплуатации автотранспортных средств (без учета обслуживающих предприятий):

1. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автомобилей.
2. Усиление парникового эффекта.
3. Ощутимое снижение содержания кислорода в городской атмосфере.

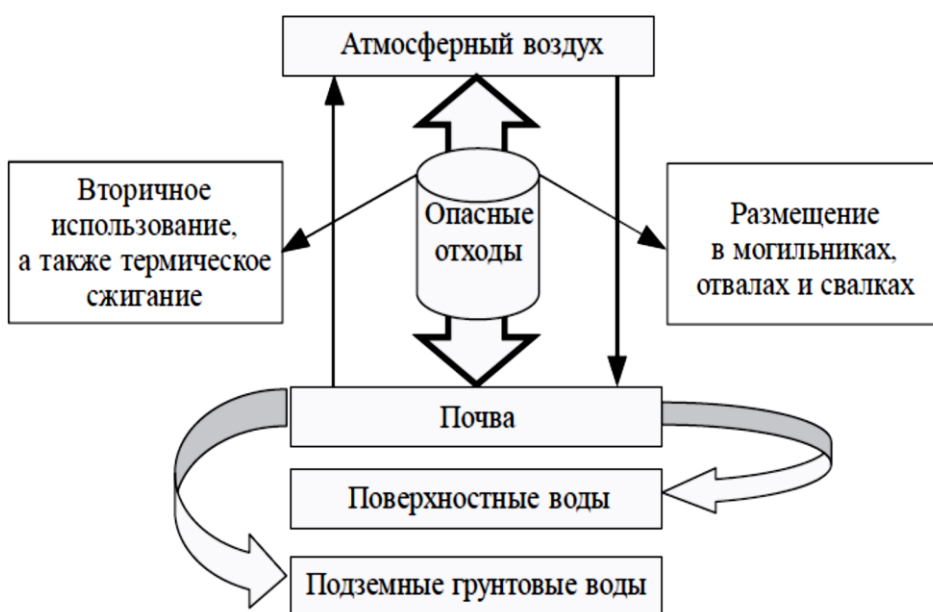


Рис. 12.1. Пути воздействия опасных отходов на окружающую среду

Особенности рисков существенно зависят от того, какими явлениями сопровождается образование отходов, в чем

проявляется их воздействие на окружающую среду, какие последствия они порождают (рис. 12.1)

Анализ экологических рисков базируется на модели, представленной на рис. 12.2.

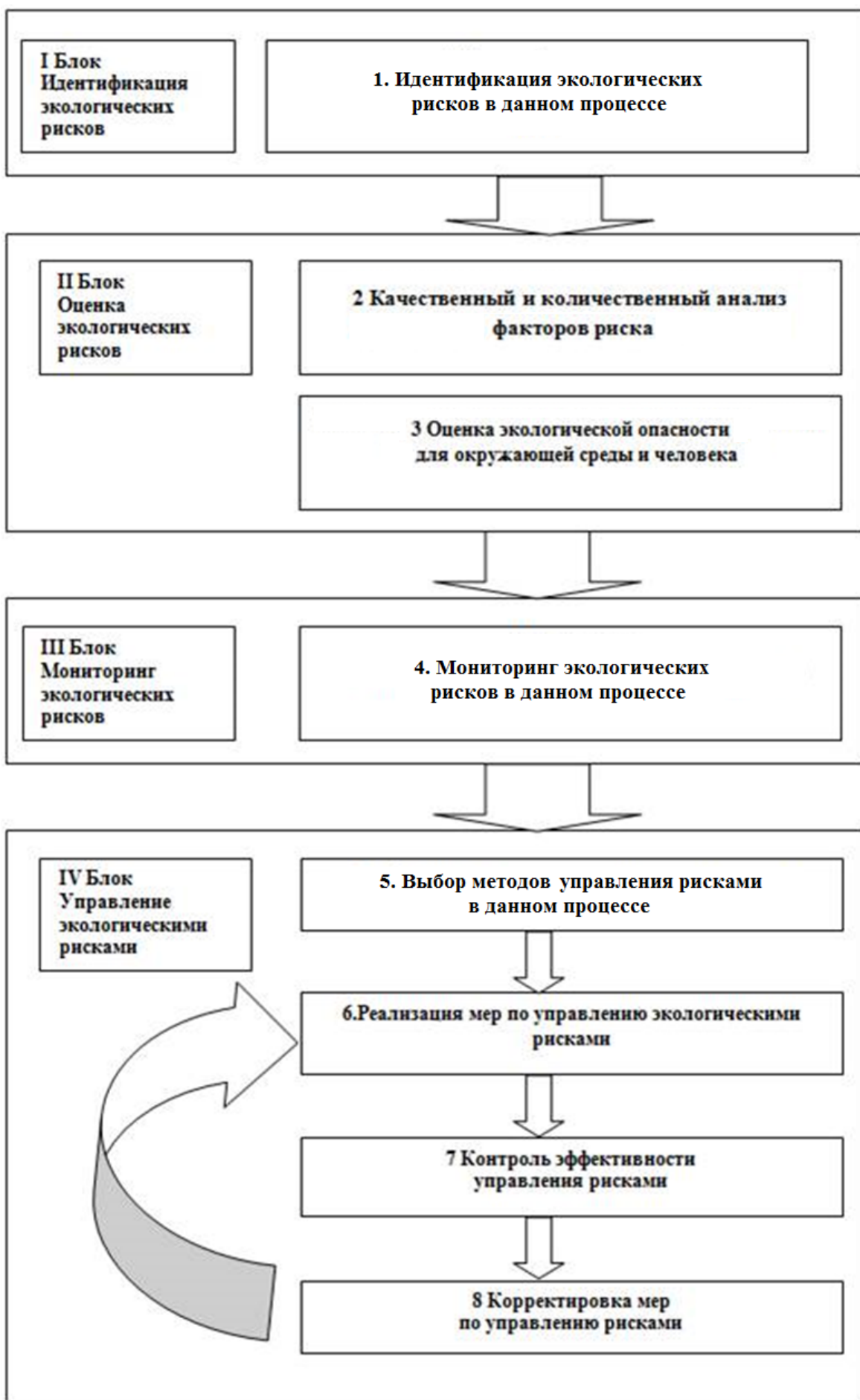


Рисунок 12.2. Модель оценки экологических рисков

В качестве примера произведем оценку риска снижения кислорода в городской атмосфере в результате его сжигания в двигателях внутреннего сгорания автомобилей (по модели рис. 12.2).

1. Идентификация экологического риска

Экологический риск в данном случае – это ущерб, наносимый городскому населению из-за недостатка кислорода в воздухе в результате работы ДВС автомобилей.

2. Качественный и количественный анализ факторов риска

Для городского воздуха нормальным считается содержание кислорода в воздухе помещений 20,5 %. По данным литературных источников снижение содержания O_2 на 1 % вызывает снижение работоспособности человека на 30 %.

Определение возможного содержания O_2 при работе автотранспорта (по данным для г. Ташкента):

- Количество движущихся автомобилей в «часы пик»

$$N_{cp} = 500000 \pm 100000 \text{ авт} \quad (\text{коэффициент неравномерности } K_1 = 0,83)$$

- Площадь города

$$S = 340 \text{ км}^2 = 340 \cdot 10^6 \text{ м}^2$$

- Средняя плотность автомобилей

$$n = \frac{5 \cdot 10^5}{3,4 \cdot 10^8} = 0,0015 \text{ авт/м}^2$$

- Расход бензина одним автомобилем в среднем $g = 10$ кг на $L = 100$ км

- Скорость автомобиля

$$V = 60 \text{ км/ч}$$

- Секундный расход бензина одним автомобилем

$$g_{сек} = \frac{g}{L/V} = \frac{10}{\left(\frac{100}{60}\right) \cdot 3600} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

- На сжигание 1 кг бензина расходуется 15 кг воздуха, т.е. $m_{O_2} = 3$ кг O_2 (при содержании O_2 в воздухе 20 %)

- Интенсивность потребления O_2 одним автомобилем

$$M = g \cdot m_{O_2} = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

- Продолжительность «часа пик»

$$T_{cp} = 1,5 \text{ ч} \pm 0,5 \text{ ч} \quad (\text{коэффициент неравномерности } K_2 = 0,75)$$

- Суммарная поверхностная плотность мощности стоков O_2

$$Q = n \cdot M = 0,0015 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$$

- Снижение содержания O_2 в атмосфере города за время «часа пик» определяется по уравнению:

$$\Delta q = \frac{2}{\rho} Q \sqrt{\frac{TK_2}{\pi \cdot K_{zz}}} \cdot K_1,$$

где $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха,

$T = 5400 \text{ с}$ – продолжительность «часа пик», сек,

$K_{zz}=0,01 \text{ м}^2/\text{с}$ – коэффициент турбулентности диффузии (по вертикали).

$$\Delta q = \frac{2}{1,29} \cdot 7,5 \sqrt{\frac{5400 \cdot 0,75}{\pi \cdot 0,01}} \cdot 0,83 = 0,0035$$

Т.о. возможное снижение содержания O_2 составляет 0,35 %. Следовательно, при начальном содержании O_2 , равном 20 %, содержание O_2 после часа пик составит 19,65 %. Это значение приближается к порогу опасности для человека 19,5 %.

В ближайшие годы планируется увеличение автомобильного парка почти в два раза, что повлечет за собой возможное снижение O_2 примерно на 0,7%.

При низком начальном содержании O_2 на улицах Ташкента (около 19,6 % в зимний период) содержание O_2 может снизиться до величины 18,9 %, что значительно ниже стандартного значения.

Замеры содержания O_2 на территориях, прилегающих к автомобильным магистралям г. Ташкента показали, что в утренние часы среднее содержание O_2 составляет 19,883 %, а в отдельные дни снижается до 19,5 %.

3. Оценка экологической опасности снижения содержания O_2 для человека

Снижение содержания O_2 в атмосферном воздухе, вызванное работой автомобильных ДВС, представляет угрозу для здоровья жителей больших городов. При объемном содержании O_2 в воздухе 20,94 % человек чувствует себя нормально, но уже при 18,32 % появляются признаки кислородного голодания (гипоксия).

Гипоксия на ранних стадиях характеризуется следующими признаками:

- учащенное дыхание и сердцебиение;
- снижение артериального давления;
- бледность кожи;
- головокружение;
- апатия, слабость и сонливость.

Все эти симптомы свидетельствуют о том, что организм старается компенсировать недостаток O_2 , принуждая человека проявлять меньшую активность. Если не принять мер по устранению кислородного дефицита, гипоксия будет прогрессировать. В пожилом возрасте даже небольшая степень гипоксии вызывает включение компенсирующих механизмов, но они оказываются недостаточно эффективными для поддержания кислородного снабжения.

Гипоксия оказывает вредное воздействие и на здоровье детского и юношеского организма, вызывая снижение общей сопротивляемости. В период обучения снижается

способность воспринимать учебный материал. Несмотря на очевидную опасность, связанную с потреблением автотранспортом важного естественного ресурса – кислорода, этот вопрос даже не учитывается в существующих методиках оценки вреда, наносимого автотранспортом.

Таким образом, расчеты и замеры показывают следующее:

- атмосфера города находится в неудовлетворительном состоянии;
- особенно напряженное положение наблюдается в утренние часы, т.е. во время основной работы учебных заведений;
- более низкое содержание O_2 наблюдается на территориях, примыкающих к магистралям с многорядным движением.

На основании всего перечисленного можно сделать вывод: если наружный воздух не соответствует норме (20,8 % O_2), следовательно, не соответствует нормам и воздух в помещениях. Не случайно среди учащихся школ (особенно в младших классах) наблюдаются признаки недомогания: быстрая утомляемость, головокружение, головные боли и носовые кровотечения. Таким образом, очевидно, что снижение содержания O_2 за счет работы автотранспорта наносит ущерб здоровью населения. Наиболее наглядное представление об ущербе можно получить через его денежное выражение:

$$Y = 12 k_1 \cdot k_2 \cdot ЗП_{ср} \cdot N_{ТС} \cdot (q_o - q_e)$$

где 12 – продолжительность года, мес;

k_1 – коэффициент, учитывающий долю автотранспорта в снижении содержания O_2 , $k_1 = 0,7 \dots 0,8$;

k_2 – коэффициент, учитывающий потерянную долю производительности труда трудоспособного населения при снижении содержания O_2 на 1%; $k_2 = 0,3$;

$ЗП_{ср}$ – средняя месячная заработная плата, для г. Ташкента на декабрь 2019 г. $ЗП_{ср} = 3,2$ млн. сум/мес ≈ 336 у.е./мес. (можно считать, что заработная плата в некоторой степени отражает производительность труда),

$N_{ТС}$ – численность трудоспособного населения,

$$N_{ТС} = 0,68 N,$$

где 0,68 – доля трудоспособного населения в Узбекистане по показателям на начало 2020 г.;

N – общая численность населения г. Ташкента, $N = 2538,4$ тыс. чел. на 1.07.2019 г.

$$N_{ТС} = 0,68 \cdot 2538,4 = 1726,1 \text{ тыс. чел.}$$

q_o – процентное содержание O_2 за пределами города, $q_o = 20,15$ %;

q_e – среднее содержание O_2 в воздухе г. Ташкента, $q_e = 19,76$ % (по экспериментальным данным).

$$Y = 12 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 336 \cdot 1726,1 \cdot 10^3 \cdot (20,15 - 19,76) = 651,42 \text{ млн. у.е./год}$$

4. Мониторинг экологического риска снижения содержания O₂

Мониторинг городского воздуха должен обязательно включать регулярные замеры содержания O₂ (в настоящее время такие замеры не производятся).

5. Выбор методов управления экологическим риском снижения содержания O₂

В качестве методов управления можно предложить следующие:

- ограничение выпуска и продажи населению легковых автомобилей с большим расходом топлива;
- ограничение движения по городским улицам автомобилей с большим расходом топлива;
- пропаганда и увеличение доли использования общественного и велосипедного транспорта, создание инфраструктуры для использования велосипедов;
- увеличение количества зеленых насаждений на улицах города;
- обязательное разведение комнатных растений в учреждениях и в первую очередь в учебных заведениях;
- в случае резкого снижения содержания кислорода обеспечить его искусственную подачу в детских садах и школах;
- осуществление постепенного перехода на электротранспорт.

12.3. Прогнозирование объемов образования отходов

Прогнозирование ожидаемого количества промышленных отходов и загрязнений необходимо для выбора оптимальных организационных, технологических и санитарно-гигиенических решений по обеспечению очистки от них городов и регионов страны. При всем разнообразии методов прогнозирования их можно свести в три основные группы: методы экстраполяции, экспертного прогнозирования, моделирования процессов и явлений.

Сбор информации по отходам и загрязнениям в промышленных центрах обычно проводится методом анкетного опроса предприятий. Для проведения указанного обследования разработаны формы отчетности, которые достаточно просты для заполнения и в то же время включают в себя необходимые параметры: количество, состав отходов (их физические и химические свойства и т.д.); состояние и направления утилизации и обезвреживания; показатели развития предприятия; ожидаемые темпы прироста или сокращения количества отходов по видам и способам утилизации;

стоимость единицы отходов предложения предприятий по направлениям утилизации и обезвреживания отходов и ряд других положений.

Недостатком такого вида учета являются затруднения с получением заполненных анкет. Опыт показал, что до 50 % предприятий не представляют своих сведений.

Установлено, что темпы роста промышленного производства пропорциональны объему производства, количество образующихся отходов в свою очередь пропорционально объему производства.

Наибольшее применение в практике прогнозирования нашли модели, полученные с помощью множественного регрессионного анализа вида:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n,$$

где a_0, a_1, \dots, a_n – коэффициенты регрессии, x_1, x_2, \dots, x_n – факторы, влияющие на процессы накопления отходов.

Для таких моделей разработан аппарат математической статистики и имеется набор стандартных компьютерных программ.

12.4. Методы обращения с промышленными отходами

Методы обращения с промышленными отходами столь же разнообразны, как и сами отходы

Все промышленные отходы и соответствующие им технологии подразделяются на относительно экологически безопасные и экологически опасные. Поэтому для каждого вида отходов существует своя оптимальная технология.

Приступая к разработке технологий использования промышленных отходов, начинают с определения степени радиоактивности отходов. Затем определяют их химический, зерновой состав и объем. Только после этого определяют возможные виды продукции из них и возможных потребителей.

Для достижения требуемых свойств продукции обязательно используют методы и технологии компьютерных программ искусственного интеллекта. С их помощью строят математическую модель технологии ликвидации отходов: рассчитывают конкретные технологические параметры, необходимое оборудование, определяют ожидаемый эколого-техничко-экономический эффект, место внедрения технологии и потребителей продукции.

К методам обращения с промышленными отходами относятся:

- складирование;
- обезвреживание и захоронение;
- утилизация и переработка.

12.4.1. Переработка промышленных отходов

К современным технологиям переработки промышленных отходов относятся следующие:

- применение отходов с целью получения сырья для производства строительных материалов, использующих многотоннажные отходы других производств;
- использование отходов для рекультивации ландшафтов, планировки территорий, подсыпке дорог и др.;
- применение отходов в сельском хозяйстве в качестве удобрений или средств мелиорации;
- комплексная переработка сырья и отходов в качестве вторичных ресурсов для производства новых видов продукции по безотходным, экологически чистым технологиям.

Рассмотрим эти технологии более подробно.

Использование отходов для рекультивации ландшафтов.

В горнодобывающей промышленности при добыче полезных ископаемых образуется большое количество пустой породы. Так, при добыче 1 т угля образуется 2–4 т вскрышных пород и около 0,5–0,8 т отходов обогащения. При добыче 1 т руды в отвалах остается 0,5–0,8 т пустой породы. Для рекультивации ландшафтов и подсыпки дорог используется всего лишь около 10 % общего объема отходов горнодобывающей промышленности.

Применение отходов в промышленности строительных материалов. В этой отрасли ежегодно перерабатывается около 3 млрд т сырья – песка, глин, известняка и других осадочных и изверженных пород. Кроме того, здесь используется около 300 млн т в год различных отходов других отраслей – доменные и сталеплавильные шлаки, шлаки цветной металлургии, золы и шлаки энергетической промышленности, отходы химической и ядерной промышленности и др.

Комплексная переработка сырья и отходов производства

В области технологий переработки отходов целесообразно переходить на комплексные, композитные технологии, сущность которых заключается в совмещении двух и более отходов в одной продукции, когда использование одного компонента (одного вида отходов) в сочетании с другим компонентом помогает достичь необходимого положительного качества конечной продукции. Так, например, совмещение магнезиальных и алюмосодержащих отходов после термической обработки позволяет получать качественную шпинельную²⁴ продукцию MgO , Al_2O_3 .

²⁴ Шпинельные массы используются в качестве огне- и кислотоупорных материалов.

Большие запасы промышленных отходов дают возможность широко регулировать свойства композитной продукции.

Комплексное использование сырья является необходимым условием организации безотходного производства продукции. Технология этого производства следующая:

- добыча сырья;
- его обогащение с разделением на основное и вторичное сырье;
- использование основного и вторичного сырья по отдельным технологическим линиям;
- производство основной и вторичной продукции.

Получаемые при этом отходы производства:

- в атмосфере – улавливаемые выбросы, продукты очистки дымовых газов и др.;
- в гидросфере – продукты очистки производственной воды при замкнутом цикле водооборота.

Все указанные отходы направляют на производство новой экологически чистой продукции высокого качества по безотходным технологиям. Хранение промышленных отходов в отвалах, шламохранилищах, на полигонах, закачка в недра земли полностью исключаются. Не допускается загрязнение поверхностных и глубинных слоев земли.

12.4.2. Технологии изоляции и захоронения промышленных отходов

При невозможности переработки токсичные отходы уничтожают или подвергают захоронению.

12.4.2.1. Полигоны для промышленных отходов

Промышленный мусор в виде отходов лесопиления, бумажных остатков, песка и прочих, относящихся к 4 и выше классу опасности, пригоден для утилизации на обычном полигоне ТБО. Отходы производства 1-3 классов опасности требуют организации специальных мест хранения.

Полигон для промышленных отходов имеет собственный цех для обезвреживания опасного мусора. Это позволяет снизить отрицательное влияние на окружающую среду и уменьшить объем отходов.

На подобном полигоне усилена система сбора фильтрата, и он оборудован более надежной подкладкой, предотвращающей утечку ядовитых веществ. Различные элементы, обеспечивающие безопасность, зависят от вида отходов, складированных на полигоне (например, для радиоактивного мусора необходимо построить защитный бункер, а для ядовитых жидких отходов — специальные бочки (рис. 12.3)).



Рис. 12.3. Полигон для промышленных отходов

Технология захоронения токсичных отходов зависит от класса их токсичности:

– нерастворимые отходы II–IV классов опасности размещают в картах полигона слоями с изолированным слоем грунта;

– отходы I класса опасности помещают в специальные металлические контейнеры с толщиной стенок не менее 10 мм и проводят контроль на герметичность до и после заполнения контейнера.

Бункер для хранения имеет железобетонную облицовку с толщиной стенок не менее 20 мм и не менее пяти отсеков для захоронения особо токсичных отходов и концентрированных растворов; предусматривается их предварительное отверждение. При открытом хранении цианистых отходов в атмосферу улетучивается около 90 % цианистого водорода, около 3 % остается в отходах и около 3 % выщелачивается в грунтовые воды. Хранение на полигонах отходов, содержащих хром, ртуть, мышьяк, приводит к появлению в грунтовых водах повышенных концентраций элементов.

В процессе отверждения получают нерастворимые соединения, которые формируют в виде блоков. При хранении таких блоков токсичные примеси из них не вымываются.

Для осуществления процесса отверждения к отходам добавляют вяжущие вещества, цемент или известь, формируют в виде блоков. Но полученные блоки неустойчивы к кислым компонентам и в кислых почвах постепенно разрушаются.

Токсичные отходы, например радиоактивные, обрабатывают битумом, парафином или полиэтиленом с последующей термообработкой; полученные продукты относительно устойчивы в большинстве почвенных растворов и не выщелачиваются.

Жидкие неорганические и радиоактивные отходы сплавляют со стеклообразующими соединениями, что обеспечивает высокоэффективное связывание токсичного компонента и длительность хранения. Но эта технология требует высоких температур, с этим связано большое потребление энергии.

Некоторые токсичные отходы сплавляют в печах со стеклом, затем расплав сливают в цилиндры из легированной стали. Отдельные отходы подвергают полимеризации с карбамидоформальдегидными смолами. Капсулирование токсичных отходов производят с применением полибутADIЕНОВЫХ и полиэтиленовых изолирующих слоев.

Метод отверждения отходов является одним из самых дорогих. Так, в США для удаления 1 м³ сточных вод путем стабилизации затрачивают 7–8 долл.

Приведенные технологии захоронения токсичных отходов не решают экологические проблемы на протяжении длительного геологического времени, загрязняют недра, подземные воды и в итоге снова загрязняют поверхность земли. Футеровки контейнеров с отходами в глубинах подвергаются длительному воздействию подземных высокоминерализованных вод и высокоактивных газов в итоге выводят отходы на поверхность.

Вокруг полигона устраивают санитарно-защитную зону с удалением на не менее 3 км от места захоронения.

Размещение ТПО под землей в данное время пока наиболее перспективно для тех отходов, которые не могут быть утилизированы или полностью уничтожены путем сжигания, а при накоплении их на земной поверхности представляет реальную угрозу для биосферы.

Подземное захоронение ТПО должно иметь ряд ограничений:

– для высокотоксичных отходов I и II класса опасности размещение их производят только в геологических формациях, создающих природный барьер для выноса подземными водами размещаемых веществ и продуктов их взаимодействия с окружающим массивом в биосферу;

– для размещения жидких промышленных отходов используют замкнутые коллекторы, пористые массивы горных пород;

– малотоксичные промышленные отходы могут подвергаться захоронению в выработанных пространствах, если отходы не мигрируют в водоносные горизонты.

В странах Западной Европы широко распространено подземное захоронение ТПО, так как в недрах в результате добычи различных полезных ископаемых образовалось множество пустот.

При подземном захоронении отходов необходимо учитывать главное – это захоронение временное, что в данный период обусловлено лишь отсутствием эффективных технологий переработки отходов. В будущем такие технологии будут разработаны с получением из них высококачественной продукции. Поэтому уже сейчас необходимо готовиться к их эффективной переработке.

12.4.2.2. Изоляция промышленных отходов

В настоящее время известен ряд технологий для надежной изоляции и захоронения отходов:

- хранение отходов в специальных сооружениях наземного и слабоуглубленного типа;
- захоронение отходов в специальных подземных сооружениях;
- размещение отходов в глубоких океанических впадинах с застойными режимами перемещения вод;
- размещение отходов в мощных толщах материковых льдов;
- выброс особо опасных отходов с помощью ракет в космическое пространство.

12.4.3. Обезвреживание и нейтрализация токсических отходов

12.4.3.1. Термическое обезвреживание отходов

Термическое обезвреживание отходов представляет собой предварительное измельчение отходов, а затем сжигание в печах при температуре не ниже 1000 °С. После печей продукты поступают в камеру дожигания при температуре 1200–1400 °С, где достигается полное окисление продуктов неполного сгорания. Затем отходящие газы поступают на очистку, а образовавшийся шлак направляют на захоронение.

Эти пределы температуры целесообразно дополнить: в камере дожигания отходящих газов необходимо поднять температуру до температуры разложения, а образовавшиеся шлаки направлять, в зависимости от их химического состава, на производство строительных материалов, дорог, очистных сооружений или на получение редкоземельных материалов и др.

Целесообразно термическое обезвреживание одних отходов совмещать с обезвреживанием других отходов, а также объединять их для получения новых химических соединений и веществ, что существенно повысит их эффективность.

12.4.3.2. Нейтрализация токсичных отходов

Принципиальным решением экологической проблемы с токсичными отходами является их полная переработка по безотходным экологически чистым технологиям:

трансмутантным, биобактериальным, резонансным, синергетическим, нейтрализационным, термическим, композиционным (совместная переработка нескольких отходов) – и по множеству других технологий. При этом экологические проблемы решаются двухэтапно:

I этап – ликвидация токсичности отходов и превращение их в безопасные материалы;

II этап – применение множества обычных существующих технологий производства из полученных материалов ценной продукции с широкой областью применения и высокой эффективностью.

При этом наибольшей эффективностью обладают композиционные технологии – гармоничное объединение нескольких отходов.

Трансмутационные технологии – превращение одних химических элементов в другие под воздействием электромагнитной энергии с оптимальным соотношением магнитных и электрических полей при совместной переработке с другими отходами, являющимися донорами дополнительных электронов и нуклонов (подробнее см. п. 15.2.1).

Биобактериальные технологии – введение в отходы азотосодержащих бактерий и активированного торфа в составе биодинамических компостов, существенно снижающих радиоактивность отходов.

Резонансные технологии – обработка отходов резонансными методами – добавление энергии с частотой колебаний, равной частоте собственных колебаний узлов кристаллических решеток токсичных элементов, что резко увеличивает их амплитуду и приводит в итоге к образованию новых элементов и наночастиц.

Синергетические технологии – технологии, основанные на процессах самоорганизации с другими отходами под воздействием различных технологических параметров.

Нейтрализационные технологии – нейтрализация токсичных элементов под воздействием добавок различных химических соединений, превращающих токсичные элементы в нетоксичные. Так, при обезвреживании цианосодержащих отходов, их растворяют и обрабатывают гипохлоритом с уменьшением токсичности отходов в 1000 раз.

В отделении обработки гальванических отходов токсичные металлы переводят в менее токсичные или труднорастворимые соединения.

В хромосодержащих гальванических стоках хром находится в токсичном шестивалентном состоянии Cr^{6+} , его восстанавливают раствором серной кислоты и

железным купоросом до Cr^{3+} , а затем обрабатывают щелочами до получения $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Его, как правило, передают на захоронение, а не на получение ценных продуктов.

Термические технологии – нагрев или плавление токсичных отходов совместно с другими отходами.

Композиционные технологии – смешение токсичных отходов с другими токсичными и нетоксичными отходами на основе анализа их химического состава.

Так, образцовой композиционной технологией является соединение металлического натрия (взрывоопасного вещества) вследствие его быстрого соединения с водой, газом-хлором (отравляющим веществом) с получением поваренной соли NaCl – вещества, без которого практически не может жить человек.

Существует множество других комбинированных технологий переработки токсичных отходов, но суть их остается единой: сначала нейтрализовать токсичные отходы, а затем изготовить из них экологически чистые материалы и изделия по новейшим технологиям.

12.5. Уменьшение объемов образования промышленных отходов

Сокращение объемов отходов осуществляется следующими способами:

- нормированием образования отходов;
- разработкой и внедрением безотходных и малоотходных технологий;
- внедрением энергосберегающих технологий;
- использованием отходов (их переработкой или применением в качестве сырья на другом производстве).

Нормирование образования отходов. Этот процесс заключается в разработке для различных технологических операций нормативов (установленных количеств) образования отходов конкретного вида при производстве единицы продукции или при обслуживании единичного объекта (например, железнодорожной цистерны).

Разработка и внедрение малоотходных и безотходных технологий. Это один из самых эффективных и перспективных способов снижения доли отходов, приходящихся на единицу выпускаемой продукции.

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. При безотходной технологии 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 биосферы.

Малоотходная и безотходная технология должны обеспечить:

- комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов на базе создания новых безотходных производств;
- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;
- переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия;
- использование замкнутых систем промышленного водоснабжения;
- создание безотходных территориально-производственных комплексов и экономических регионов.

Комплексная обработка сырья включает в себя две основные задачи: бережное расходование богатств природы и уменьшение выбросов отходов в окружающую среду.

Соотношение между массами (кг/с) ресурсов P , продукта Π и отходов O выражается уравнением

$$P = \Pi + O (1 - K),$$

где K – коэффициент использования отходов, доли единицы.

Видно, что при $K \rightarrow 1$ продуктивность ресурса стремится к 100%, то есть реализуется безотходная технология.

Основные направления развития безотходных технологий сводятся к следующему:

1. Экономия основных технологических ресурсов – сырья, вспомогательных материалов, тепла, электроэнергии, рабочей силы.
2. Использование высокоэффективного оборудования.
3. Разработка неэнергоемких технологических процессов.
4. Оптимизация массы изделий, состава веществ и материалов.
5. Получение отходов в формах, удобных для утилизации.
6. Организация хранения, сортировки и транспортировки отходов.

В машиностроении, например, разработка малоотходных технологических процессов связана прежде всего с необходимостью увеличения коэффициента использования металла, которое дает не только технико-экономические выгоды, но и позволяет уменьшить отходы и вредные выбросы в окружающую среду.

В ряде стран этот способ сокращения объемов отходов рассматривается как стратегический, направленный одновременно на рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды. Однако никакое производство

вообще без отходов принципиально невозможно. Поэтому термин «безотходная технология» относят к процессам производства, при которых все сырье и энергия используются максимально рационально и комплексно.

Внедрение энергосберегающих технологий. Затраты на энергию и топливо составляют 15—20 % себестоимости продукции предприятий. Поэтому использование тепла отходящих газов для экономии тепловой и электрической энергии способствует сбережению природных ресурсов и снижению себестоимости готовой продукции. Использованию подлежит тепло дымовых газов котельных и топок, литейного, кузнечного и термического производств. Тепловая энергия направляется в производство или для отопления помещений. Стоимость вторичных энергоресурсов значительно ниже, чем добыча нефти и газа и транспортировка топлива.

Использование отходов (их переработка или применение в качестве сырья на другом производстве). Отходы все активнее используют для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или получения энергии (например, использование отходов в качестве топлива, удобрений, стройматериалов, сырья других производств).

В некоторых случаях производство отдельных видов товарной продукции из вторичного сырья (отходов) значительно проще и дешевле, чем из первичного природного сырья. Например, энергоёмкость производства алюминия из вторичного сырья почти в 20 раз, а стали в 10 раз ниже, чем из природных руд. Зачастую и капитальные вложения в переработку вторичного сырья в 3...4 раза ниже, чем при переработке первичного.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются промышленные отходы в Узбекистане?
2. Что понимается под экологическим риском? Какими могут быть риски накопления промышленных отходов?
3. Опишите пути воздействия опасных отходов на ОС?
4. Назовите последовательность оценки экологических рисков.
5. Опишите оценку риска от поглощения кислорода автотранспортом.
6. Как прогнозируются объемы образования отходов?
7. Какие Вы знаете методы обращения с промышленными отходами?
8. Как осуществляется захоронение токсичных отходов?

ГЛАВА 13. ЖИДКИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И МЕТОДЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

Сегодня многие продукты утилизации могут быть вторично переработаны, но это касается только твердых масс. Жидкие промышленные отходы в большинстве случаев невозвратные.

К жидким промышленным отходам относят:

- отработанные масла и растворители;
- ртуть- и нефтесодержащие отходы;
- жидкие массы клеевых и лакокрасочных фабрик;
- растворимые радиоактивные отходы;
- электролиты с содержанием гальванических остатков;
- жидкие отходы на медицинских и фармакологических предприятиях;
- жиры животного и растительного происхождения.

Для каждого вида отходов существуют особенные способы переработки, учитывая их вредоносное воздействие на окружающую среду. Для правильного определения способа их хранения, перемещения и утилизации существует государственный классификатор отходов.

13.1. Общие сведения об очистке промышленных сточных вод

В первую очередь утилизация жидких отходов необходима, чтобы избежать их сброс в сточные водоемы в «грязном» состоянии. Очистка отходов подразумевает их обезвреживание различными путями. Грамотно и правильно обработанные жидкие массы безопасны для мировой экологии.

Задачей проведения мероприятий по утилизации жидких отходов является предупреждение сброса сточных вод без очистки в водоемы. Данные мероприятия включают в себя очистку с использованием самых разных методов. При этом учитывается возможность использования очищенных вод для повторного использования.

Если говорить об очистке сточных вод на предприятиях, то здесь она осуществляется по одной из ниже приведенных схем:

1. Очистительная обработка сточных вод на территории предприятия.
2. Очистительная обработка сточных вод сначала на территории предприятия, а затем в городских очистительных сооружениях.

3. Непрерывная очистка промышленных вод и растворов на локальных сооружениях очистного типа в течение определенного промежутка времени, с последующей передачей в дальнейшее использование.

На данный момент существует несколько способов по очистке загрязненных промышленных сточных вод: механический; физический; химический; физико-химический; биологический; комплексный.

Все эти методы предусматривают использование специального оборудования и технологий. Однако главной задачей, стоящей перед человечеством, является создание безотходного производства, с замкнутыми системами водопользования, а также создание технологий, которые предусматривали бы меньшее поступление загрязнений в стоки.

13.2. Утилизация некоторых видов жидких отходов

Регенерация отработанных масел. Минеральные масла в процессе работы изменяют свои свойства, стареют, постепенно загрязняются пылью, металлической стружкой, окалиной. Обводнение масел возникает от конденсации водяных паров из воздуха, а также в результате попадания воды или эмульсии из системы охлаждения. Окисление и осмоление масел происходит под действием кислорода воздуха, высоких температур и давления. Масло, утратившее свои первоначальные качества или проработавшее установленный для него срок, считается отработанным и подлежит замене. Сбор отработанных минеральных масел имеет большое народнохозяйственное значение, так как отработанные минеральные масла после регенерации можно использовать повторно и экономить дефицитные свежие масла.

Отработанные нефтепродукты в зависимости от назначения делят на три группы: ММО - масла моторные отработанные, в том числе моторные масла, применяемые в трансмиссиях, и их смеси с индустриальными маслами, подлежащие регенерации; МИО - масла индустриальные отработанные, в том числе выделенные из отработанных эмульсий, смеси индустриальных масел, турбинные, компрессорные, гидравлические, вакуумные, приборные, трансформаторные, кабельные и их смеси с индустриальными, подлежащими регенерации; СНО - смесь нефтепродуктов отработанных, применявшихся в качестве промывочных жидкостей; бензин, керосин, дизельное топливо, нефтяные масла, не отвечающие требованиям групп ММО и МИО, смеси нефтей и нефтепродуктов, собранные при зачистке резервуаров, железнодорожных цистерн, нефтеналивных судов и другого оборудования.

Отработанные индустриальные масла (веретенные, машинные), а также компрессорные, турбинные и трансформаторные могут регенерировать сами потребители на соответствующих регенерационных установках.

Основную часть нефтеотходов, образующихся на промышленных и транспортных предприятиях, составляют минеральные масла. На рис. 13.1 приведены источники образования и направления утилизации отработанных масел.



Рис. 13.1. Источники образования и направления утилизации отработанных масел

Общая масса минеральных масел, поступающих в отходы в течение года во всем мире, оценивается в 40 млн. т. Из них только 20 млн. т собирается, а подвергается переработке не более 2 млн. т, что составляет не более 5% от количества образующихся отходов (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Образование и потребление отработанных масел в некоторых странах, тыс. т/год

Страны	Потребление масел	Сбор отработанных масел	Переработка отработанных масел
Россия и страны СНГ	7800	1700	260
США	10000	4000	Около 400
Канада	1400	-	Около 250
Германия	1460	730	400
Великобритания	800	200	150
Франция	850	250	200
Италия	630	200	150
Голландия	500	200	15
Чехия и Словакия	350	147	125

Как видно из данных табл. 13.1, отношение к отработанным маслам разное. Наиболее прогрессивные страны подвергают переработке до 30 - 38% отработанных масел, обеспечивая при этом высокую полноту их сбора, а также качество товарной продукции. Как правило, это страны, не имеющие своих источников нефтепродуктов и закупающие их за рубежом.

Образование отходов минеральных масел связано с тем, что в процессе работы машин и механизмов масло окисляется, загрязняется продуктами износа деталей, металлической стружкой и пылью. При этом происходит изменение физико-химических свойств масел ниже допустимых пределов. Наиболее загрязненными оказываются масла, слитые из картеров двигателей внутреннего сгорания.

Неутилизированные отработанные масла наносят непоправимый ущерб окружающей среде, отравляя воду, воздух и почву. Некоторые из них обладают канцерогенными свойствами и длительно не распадаются в естественных условиях.

В то же время отработанные масла являются сырьем для производства вторичных материалов и должны собираться с целью регенерации. По данным специалистов, выход качественных вторичных масел из отработанных составляет 60-80%, в то время как при переработке сырой нефти выход товарных масел не превышает 10%. Так, в Канаде нефтеперерабатывающая фирма "Эссо" поставляет на рынок масла, содержащие 50% регенерированных продуктов. Во Франции собирается для рекуперации ежегодно до 200 тыс. т отработанных масел. Однако в связи с тем, что затраты на регенерацию превышают стоимость свежеприготовленных масел, регенерированный продукт становится неконкурентоспособным. Выход из создавшегося положения состоит в том, что государство законодательно обязывает поставщиков смазочных масел использовать в их составе до 15% регенерированных продуктов.

В странах ЕС установлены жесткие нормы контроля за образованием и использованием отработанных масел. Любая деятельность, связанная с накоплением, транспортировкой и утилизацией отработанных масел в этих странах лицензируется.

В Узбекистане отработанные масла перерабатываются на узбекско-болгарском заводе Uz-Prista Recycling. Предприятие было запущено в 2016 году, расположено оно в Специальной индустриальной зоне "Ангрен" и рассчитано на ежегодную переработку до 43 тысяч тонн отработанных технических масел и производство до 30 тысяч тонн базовых масел (базовые масла являются основой большинства индустриальных масел).

Сейчас продолжается создание сети пунктов сбора отработанных масел по всей республике. Они будут оборудованы специальными накопительными резервуарами, необходимым измерительным и лабораторным оборудованием. Отсюда масла будут

транспортироваться в контейнерах на специализированных грузовиках в Ангрен для переработки.

Существующие методы регенерации масел подразделяют на следующие: физические — отстой, фильтрация, сепарация, промывка водой, отгон горючего; физико-химические - коагуляция, адсорбция; химические – сернокислотная и щелочная очистка и комбинированные.

Физические методы позволяют удалять из масел твердые частицы загрязнений, микрокапли воды и частично -смолистые и коксообразные вещества, а с помощью выпаривания – легкокипящие примеси. Масла обрабатываются в силовом поле с использованием гравитационных, центробежных и реже электрических, магнитных и вибрационных сил, а также фильтрованием, водной промывкой, выпариванием и вакуумной дистилляцией. К физическим методам очистки отработанных масел относятся также различные массо- и теплообменные процессы, которые применяются для удаления из масла продуктов окисления углеводородов, воды и легкокипящих фракций.

Физико – химические методы нашли широкое применение, к ним относятся коагуляция, адсорбция и селективное растворение содержащихся в масле загрязнений, разновидностью адсорбционной очистки является ионно-обменная очистка.

Коагуляция, т. е укрупнение частиц загрязнений, находящихся в масле в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, осуществляется с помощью специальных веществ – коагулятов, к которым относятся электролиты неорганического и органического происхождения, поверхностно активные вещества (ПАВ), не обладающие электролитическими свойствами, коллоидные растворы ПАВ и гидрофильные высокомолекулярные соединения. Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания и т.д. Продолжительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило 20-30 мин., после чего можно проводить очистку масла от укрупнившихся загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования.

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать продукты, загрязняющие масло, на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты).

Регенерация отработанных масел адсорбционной очисткой может осуществляться: 1) контактным методом – масло перемешивается с измельченным адсорбентом, 2) перколяционным методом – очищаемое масло пропускается через адсорбент, 3) методом противотока – масло и адсорбент движутся навстречу друг другу. К недостаткам контактной очистки следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При перколяционной очистке в качестве адсорбента чаще всего применяется силикагель, что делает этот метод дорогостоящим. Наиболее перспективным методом является адсорбентная очистка масла в движущемся слое адсорбента, при котором процесс протекает непрерывно, без остановки для периодической замены, регенерации или отфильтрования адсорбента, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение.

Ионно-обменная очистка основана на способности ионитов (ионно-обменных смол) задерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Иониты представляют собой твердые гигроскопические гели, получаемые путем полимеризации и поликонденсации органических веществ и не растворяющиеся в воде и углеводородах. Процесс очистки можно осуществить контактным методом при перемешивании отработанного масла с зернами ионита размером 0,3-2,0мм или перколяционным методом при пропускании масла через заполненную ионитом колонну. В результате ионообмена подвижные ионы в пространственной решетке ионита заменяются ионами загрязнений. Восстановление свойств ионитов осуществляется путем их промывки растворителем, сушки и активации 5%-ным раствором едкого натра. Ионно-обменная очистка позволяет удалять из масла кислотные загрязнения, но не обеспечивает задержки смолистых веществ.

Селективная очистка отработанных масел основана на избирательном растворении отдельных веществ, загрязняющих масло: кислородных, сернистых и азотных соединений, а также при необходимости полициклических углеводородов с короткими боковыми цепями, ухудшающих вязкостно-температурные свойства масел.

В качестве селективных растворителей применяются фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, различные спирты, ацетон, метил-этиловый кетон и другие жидкости. Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа “смеситель – отстойник” в сочетании с испарителями для отгона растворителя (ступенчатая экстракция) или в двух колоннах: экстракционной для удаления из масла загрязнений и ректификационной для отгона растворителя (непрерывная экстракция). Второй способ экономичнее и получил более широкое применение. Разновидностью селективной очистки является обработка отработанного масла пропаном, при которой углеводороды

масла растворяются в пропане, а асфальтосмолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок. Этапы регенерации отработанных масел представлены на рис. 13.2.

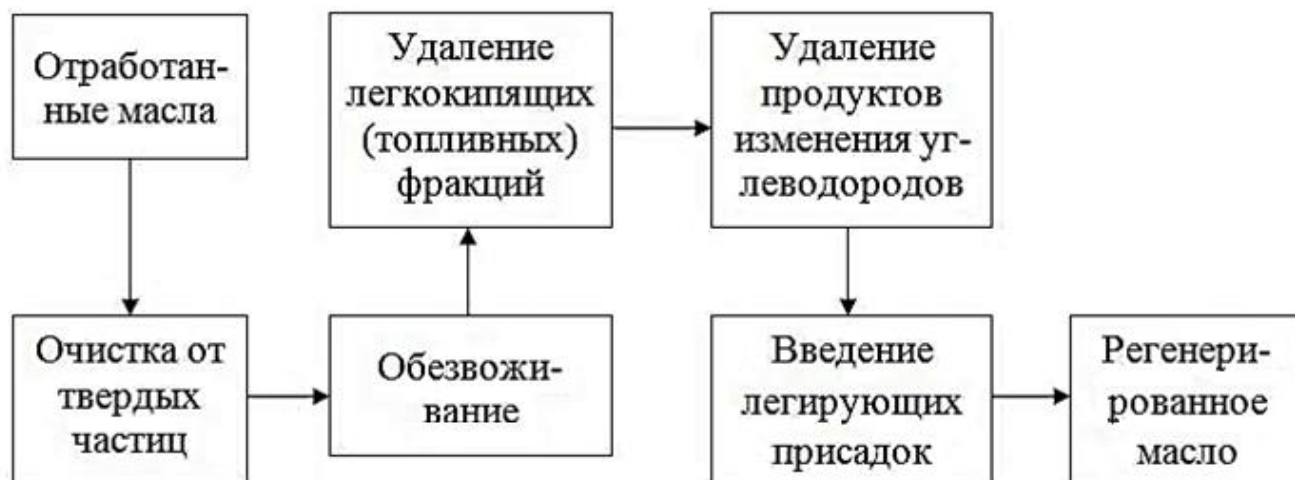


Рис. 13.2. Этапы регенерации отработанных масел

Химические методы очистки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, и вводимых в эти масла реагентов. При этом в результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла. К химическим методам очистки относятся кислотная и щелочная очистки, окисление кислородом, гидрогенизация, а также осушка и очистка от загрязнений с помощью оксидов, карбидов и гидридов металлов.

Наиболее часто используются:

Сернокислотная очистка. По числу установок и объему перерабатываемого сырья на первом месте в мире находятся процессы с применением серной кислоты. В результате сернокислотной очистки образуется большое количество кислого гудрона – трудно утилизируемого и экологически опасного отхода. Кроме того, сернокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных соединений хлора.

Гидрогенизация (гидроочистка). Гидрогенизационные процессы все шире применяются при переработке отработанных масел. Это связано как с широкими возможностями получения высококачественных масел, увеличения их выхода, так и с большой экологической чистотой этого процесса по сравнению с сернокислотной и адсорбционной очистками.

Недостатки процесса гидрогенизации – потребность в больших количествах водорода, а порог экономически целесообразной производительности (по зарубежным данным) составляет 30-50 тыс. т/год. Установка с использованием гидрогенизации

масел, как правило, блокируется с соответствующим нефтеперерабатывающим производством, имеющим избыток водорода и возможность его рециркуляции.

Процессы с применением натрия и его соединений. Для очистки отработанных масел от полициклических соединений (смолы), высокотоксичных соединений хлора, продуктов окисления и присадок применяются процессы с использованием металлического натрия. При этом образуются полимеры и соли натрия с высокой температурой кипения, что позволяет отогнать масло. Выход очищенного масла превышает 80 %. Процесс не требует давления и катализаторов, не связан с выделением хлоро- и сероводорода. Несколько таких установок работают во Франции и Германии. Среди промышленных процессов с использованием суспензии металлического натрия в нефтяном масле наиболее широко известен процесс Resyclon (Швейцария). Процесс Lubrex с использованием гидроксида и бикарбоната натрия (Швейцария) позволяет перерабатывать любые отработанные масла с выходом целевого продукта до 95 %.

13.3. Сжигание жидких отходов и осадков

Сжигание – наиболее распространенный способ термического обезвреживания отходов. Сжигание осуществляется в печах и топках различных конструкций.

Жидкие горючие отходы и осадки подвергаются сжиганию, если их полезные свойства невозможно или экономически нецелесообразно использовать. При сжигании осадков большинство их используется как топливо, поскольку по составу горючей массы и теплоте сгорания они близки к бурому углю и торфу. Зола, образующаяся при сжигании осадков, может использоваться для подщелачивания почв, в промышленности строительных материалов, в качестве присадочного материала в процессе кондиционирования осадков перед их обезвоживанием.

Предварительно обезвоженные осадки органического происхождения имеют теплотворную способность 16800...21000 кДж/кг, что позволяет поддерживать процесс горения без использования дополнительных источников теплоты.

В практике обработки осадков сточных вод наиболее широкое распространение получил огневой способ обезвреживания производственных отходов. Осадки сжигаются в камерных, циклонных, многоподовых и распылительных печах, а также в печах с псевдоожиженным слоем.

Наиболее распространенным способом ликвидации нефтепродуктов и других горючих отходов является их термическая обработка – сжигание в печах различной конструкции. для этой цели применяют печи с кипящим слоем, циклонные топки, барабанные и многоподовые печи, печи поверхностного (надслоевого) сжигания.

Промышленные печи – это технологические или энерготехнологические агрегаты, в которых тепло сожжённого твёрдого, жидкого или газообразного топлива или нагрев, производимый электрическим током, используются для технологических либо отопительных целей.

13.4. Подземное захоронение промышленных стоков

Побочными продуктами любых промышленных предприятий, особенно таких как химические, нефтехимические, нефте- и газодобывающие, металлургические, фармацевтические, гальванические, текстильные, бумажно-целлюлозные, животноводческие, пищевые и многие другие, являются неочищенные или недостаточно очищенные жидкие отходы, или сточные воды, которые обычно сбрасываются в поверхностные водоемы, чаще всего в реки, в расчете на их дальнейшее разбавление. В результате образуются различного рода загрязнения окружающей среды, и прежде всего поверхностных и подземных вод. При этом любое загрязнение сопровождается изменением естественных химических свойств воды за счет присутствия вредных примесей как неорганических (минеральные соли, кислоты, щелочи), так и органических (нефть и нефтепродукты, органические остатки производства, пестициды и др.).

С целью предотвращения загрязнения земной поверхности, открытых водоемов и пресных подземных вод жидкими промышленными, сельскохозяйственными и коммунально-бытовыми отходами допускается их подземное захоронение.

Подземное захоронение промышленных стоков путем их *закачки в глубокие скважины* получило распространение в ряде зарубежных стран. К преимуществам данного метода относится уменьшение загрязнения поверхностных вод, а также исключение при таком захоронении необходимости их полного обезвреживания.

Значительный опыт подземного захоронения промышленных стоков имеется в США. Так, фирма «Дау Кемикл кампани» начала использовать для этой цели глубокие скважины еще в 1920-х годах. В США подземное захоронение промышленных стоков разрешено законодательством в 30 штатах. Средняя скорость закачивания (для 100 скважин подземного захоронения отходов США) составляет 135 галлонов в минуту (510 л/мин). На начало 1970-х годов в США имелось 124 зарегистрированных скважины со следующим распределением по отраслям промышленности, %:

- химическая, нефтехимическая, фармацевтическая – 55;
- очистные предприятия, энергетические установки на природном газе – 20;
- производство металлов (главным образом сталеплавильных заводов) – 7;
- остальные – 18.

В Канаде в настоящее время зарегистрирована 31 скважина для захоронения ПО. Захоронение отходов может производиться на различные глубины посредством одной-двух хорошо оборудованных скважин большого диаметра. В качестве пластов-коллекторов большей частью выбираются горизонты, залегающие на глубине более 1000...1500 м.

Жидкие отходы калийной промышленности в Германии, сосредоточенные по р. Верра (земли Тюрингии и Гессена), начиная с 1925 г. сбрасываются под землю. Они представляют собой концентрированные растворы (с минерализацией 300...400 г/л) NaCl, MgCl₂, MgSO₄. Эти растворы по скважинам закачиваются в трещиноватые известняки и плитчатые доломиты, залегающие на глубине от 50 до 500 м. Мощность поглощающего пласта составляет 10...15 м. Трещиноватость доломитов и известняков, слагающих этот пласт, составляет 10 %. За период с 1925 по 1960 гг. опущено под землю через скважины 170 млн. м³ промышленных стоков, т.е. средний (в многолетнем разрезе) суточный расход закачиваемых сбросных вод составляет 10 000...15 000 м³.

На рисунке 13.3 показано подземное захоронение биологически опасных промстоков в соответствии с данной технологией. В рабочий горизонт (1) через нагнетательную скважину (2) с помощью насоса (3) производится закачка промышленных стоков с расходом Q.

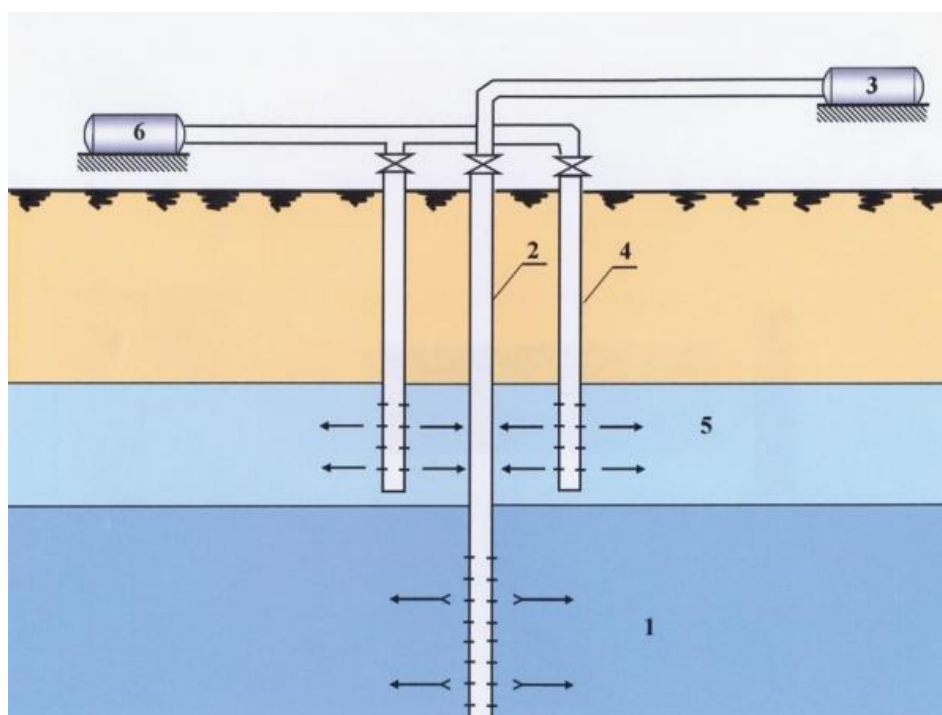


Рис. 13.3. Технология подземного захоронения промстоков при отсутствии водоупора

1 – рабочий горизонт; 2 – нагнетательная скважина; 3 – насос; 4 – скважина для технической жидкости; 5 – буферный горизонт; 6 – насос

Одновременно через скважины (4), пробуренные в буферном горизонте (5), насосом (6) производится закачка технической жидкости с расчетным суммарным расходом q . В качестве технической жидкости используется вода из поверхностных водоемов с использованием загустителя, например, глинистого раствора.

Выбор участка для подземного захоронения отходов весьма сложен и оценивается по многим геологическим, гидродинамическим и санитарным критериям.

Жидкие отходы производства считаются совместимыми с пластовыми водами и породами поглощающего горизонта, если снижение проницаемости при закачке отходов не превышает 20 %.

После подтвержденной совместимости на лабораторном уровне проводят опытные закачки жидких отходов производства в нагнетательную скважину и при устойчивых режимах закачки устанавливают нормативные содержания примесей в жидких отходах производства для данного полигона, которые не должны превышать:

- по механическим примесям – 300 мг/дм^3 ;
- по нефтепродуктам: а) диспергированным – 150 мг/дм^3 ; б) растворенным – не ограничено;
- по окисному железу – 3 мг/дм^3 ;
- по сероводороду – 15 мг/дм^3 ;
- по диэтиленгликолю – 4 г/дм^3 ;
- по метанолу – 40 г/дм^3 ;
- по растворенному кислороду – 5 мг/дм^3 ;
- рН – не ниже 6,8.

Подготовка бытовых сточных вод для захоронения в поглощающем горизонте заключается в проведении следующих операций:

- осаждение шлама;
- обработка коагуляторами (предпочтительно органические катионного типа, а также сульфаты железа, алюминия или меди);
- дезинфекция (хлорирование, бактерициды, известкование) в соответствии с технологиями.

При закачке жидких отходов производства в пласт с водой, имеющей минерализацию более 100 г/дм^3 , дезинфекцию бытовых сточных вод можно не проводить.

В случае несовместимости пресных вод с пластовыми водами или с породами поглощающего горизонта бытовые сточные воды подвергают глубокой очистке (биологической) и размещают на поверхности или сбрасывают в поверхностные водные объекты.

Недостатками метода подземного захоронения являются:

- невозможность надежного контроля за распространением в пласте загрязняющих веществ;
- трудности, связанные с техникой подземного удаления различных промышленных стоков;
- необратимое загрязнение многих подземных формаций;
- возможность попадания отходов путем диффузии и конвекции в естественные подземные потоки;
- отсутствие информации о поведении отходов при их вступлении в контакт с растворами и породами формации в условиях повышенных температур и давлений;
- повышение или понижение токсичности некоторых компонентов отходов из-за размывания;
- возможность образования более токсичных соединений в результате химического взаимодействия между относительно безвредными соединениями.

13.5. Специализированный полигон для захоронения жидких отходов

Общие требования. Специализированный полигон для захоронения жидких отходов (СПЗЖ) включает комплекс надземных и подземных сооружений, предназначенных для сбора, подготовки, перекачки к нагнетательным скважинам и закачки жидких отходов производства в поглощающий горизонт.

Система обустройства СПЗЖ должна обеспечивать:

- возможность проведения гидрогеологических (замеры уровней, отбор глубинных проб и т.п.) и геофизических исследований в скважинах;
- возможность проведения планово-предупредительных и ремонтно-восстановительных работ;
- проведение работ с учетом требований техники безопасности.

Состав и конструкция сооружений должны соответствовать природно-климатическим условиям района расположения полигона.

Сборные емкости оборудуют системой контроля за уровнем жидкости и автоматического отключения налива при достижении установленного уровня (объема). Предусматривают устройства для удаления шлама из емкостей (например, люки в их нижней части) и всплывающих на поверхность нефтепродуктов с последующим их захоронением или утилизацией. Количество емкостей определяют исходя из объемов образующихся жидких отходов производства и продолжительности их отстоя.

Емкости должны располагаться на огороженных бетонированных площадках со специальными запрещающими знаками. Они заглубляются в землю для защиты от

замерзания отстоявшихся пресных вод или устанавливаются в теплых помещениях. Конструкция резервуаров должна исключать попадание загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды. При высокой коррозионной агрессивности жидких отходов производства емкости должны иметь антикоррозионную защиту. К емкостям обеспечивается круглосуточный доступ транспорта.

Накопительные емкости снабжаются пробоотборниками (кранами) для отбора жидкости в двух точках (у поверхности и в средней части).

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют жидкие промышленные отходы?
2. Назовите и объясните схемы очистки промстоков на предприятиях.
3. Как осуществляется регенерация отработанных масел?
4. Объясните физические методы регенерации масел.
5. В чем заключаются химические методы очистки масел?
6. Цели и методы сжигания отработанных масел.
7. В чем заключается подземное захоронение промстоков? Какие страны осуществляют этот метод?
8. Как организуется захоронение жидких отходов?

ГЛАВА 14. УДАЛЕНИЕ ОТХОДОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Промышленные сточные воды содержат большое количество загрязнений различного характера. Эти загрязнения должны быть удалены из сточных вод до сброса их в водные протоки. Уловленные вещества могут уничтожаться (деструктивная очистка) или направляться на повторное использование (регенеративная очистка).

Извлечение различных отходов из сточных вод осуществляется механическими, физико-химическими, химическими и биологическими методами (рис. 14.1).

Удаление неорганических и органических примесей.

Многие сточные воды загрязнены летучими неорганическими и органическими примесями.

При пропускании воздуха или другого инертного малорастворимого в воде газа (азот, диоксид углерода, топочные дымовые газы) через сточную воду летучий компонент диффундирует в газовую фазу.



Рис. 14.1. Методы удаления примесей из сточных вод

14.1. Дезодорация

Дезодорацию проводят для очистки дурнопахнущих сточных вод. Для этого можно использовать аэрацию, хлорирование, ректификацию, дистилляцию, обработку дымовыми газами, окисление кислородом под давлением, озонирование, экстракцию, адсорбцию и микробиологическое окисление.

Наиболее эффективным считается *метод аэрации*, который состоит в продувании воздуха через сточную воду. Недостаток метода заключается в том, что некоторые загрязнения не удаляются методом аэрации и остаются в сточной воде.

Дурнопахнущие сточные воды очищают также *продувкой острым паром*. Степень очистки от сероводорода и метилмеркаптана достигает 100 %, от других веществ – до 90 %.

14.2. Дегазация

Дегазацией удаляют из воды растворенные газы, которую осуществляют химическими, термическими и десорбционными (аэрационными) методами.

Наиболее полная дегазация достигается при разбрызгивании в вакууме и одновременном подогреве воды.

При *термической дегазации* воды от растворенного диоксида углерода или кислорода пропускают пар через воду и нагревают ее до температуры кипения при внешнем давлении. В этом случае парциальное давление газа над водой снижается до нуля и растворимость его также падает до нуля. Вследствие нарушения равновесия в системе происходит выделение избыточных газов из воды (физическая десорбция). Для интенсивной дегазации необходимо, чтобы вода непрерывно контактировала с новыми порциями пара при большой поверхности контакта фаз в течение достаточного времени. Температура воды должна быть близка к температуре насыщенного пара при данном давлении.

Аммиак из сточных вод удаляют продувкой водяным паром или воздухом. Скорость перехода газообразного аммиака из воды в атмосферу зависит от поверхностного натяжения на границе воздух-вода и от разности концентраций аммиака в воде и воздухе.

14.3. Электрохимические процессы очистки сточных вод

Для очистки сточных вод от различных растворимых и диспергированных примесей применяются процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлокуляции и электродиализа. Все эти процессы протекают на электродах при прохождении через сточную воду постоянного электрического тока (см. рис. 14.2). Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты при относительно простой технологической схеме очистки, без использования химических реагентов. Основным недостатком этих методов является большой расход электроэнергии. Очистку сточных вод электрохимическими методами можно проводить периодически или непрерывно.

При прохождении сточной воды через межэлектродное пространство электролизера происходит электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом.

Анодное окисление и катодное восстановление. В электролизере (рис. 14.2) на положительном электроде – аноде ионы отдают электроны, т.е. протекает реакция электрохимического окисления; на отрицательном электроде – катоде происходит присоединение электронов, т.е. протекает реакция восстановления.

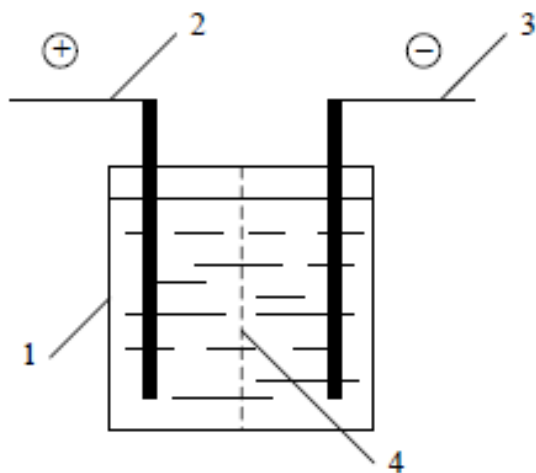


Рис. 14.2. Схема электролизера: 1 – корпус; 2 – анод; 3 – катод; 4 – диафрагма.

Эти процессы разработаны для очистки сточных вод от растворенных примесей (цианидов, аминов, спиртов, альдегидов, нитросоединений, сульфидов, меркаптанов). В процессах электрохимического окисления вещества, находящиеся в сточной воде, полностью распадаются с образованием CO_2 , NH_3 и воды или образуются более простые и нетоксичные вещества, которые можно удалять другими методами.

В качестве анодов используют электрохимически нерастворимые материалы: графит, магнетит, диоксиды свинца, марганца и рутения, которые наносят на титановую основу.

Катоды изготовляют из молибдена, сплава вольфрама с железом или никелем, из графита, нержавеющей стали и других металлов, покрытых молибденом, вольфрамом или их сплавами. Процесс проводят в электролизерах с диафрагмой и без нее.

Кроме основных процессов электроокисления и восстановления одновременно могут протекать электрофлотация, электрофорез и электрокоагуляция.

Электрокоагуляция.

При использовании *нерастворимых электродов* (из графита, платины, иридия) коагуляция может происходить в результате электрофоретических явлений и разряда заряженных частиц на электродах, образования в растворе веществ (хлор, кислород), разрушающих сольватные оболочки на поверхности частиц загрязнений. Такой процесс можно использовать для очистки сточных вод при невысоком содержании коллоидных частиц и низкой устойчивости загрязнений.

Для очистки промышленных сточных вод, содержащих высокоустойчивые загрязнения, проводят электролиз с использованием *растворимых стальных или алюминиевых анодов*. Под действием тока происходит растворение металла, в результате чего в воду переходят катионы железа или алюминия, которые, встречаясь с гидроксильными группами, образуют гидроксиды металлов в виде хлопьев, и наступает интенсивная коагуляция.

При достижении концентрации взвешенных веществ более 100 мг/л эффективность электрокоагуляции снижается. С уменьшением расстояния между

электродами расход энергии на анодное растворение металла уменьшается. Электрокоагуляцию рекомендуется проводить в нейтральной или слабощелочной среде при плотности тока не более 10 А/м^2 , расстоянии между электродами не более 20 мм и скорости движения не менее 0,5 м/с.

Достоинства электрокоагуляции: отсутствие потребности в реагентах, малая чувствительность к изменениям условий процесса очистки, получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами. Недостаток метода – повышенный расход металла и электроэнергии.

Электрофлотация.

В этом процессе очистка сточных вод проходит при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды. На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде – водорода. При использовании растворимых электродов происходит образование хлопьев коагулянтов и пузырьков газа, что способствует более эффективной флотации.

Основную роль при электрофлотации играют пузырьки, образующиеся на катоде. Размер пузырьков водорода значительно меньше, чем при других методах флотации. Диаметр пузырьков меняется от 20 до 100 мкм. Мелкие пузырьки водорода обладают большей растворимостью, чем крупные. Из пересыщенных газом растворов сточных вод мельчайшие пузырьки выделяются на поверхности частиц загрязнений, способствуя эффекту флотации. Оптимальное значение плотности тока $200 \dots 260 \text{ А/м}^2$, газосодержание – около 0,1%.

Электродиализ.

Процесс очистки сточных вод электродиализом основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран.

Этот процесс широко используют для опреснения соленых вод. При использовании электрохимически активных (ионообменных) диафрагм эффективность процесса повышается и снижается расход электроэнергии. Ионообменные мембраны проницаемы только для ионов, имеющих заряд того же знака, что и у подвижных ионов.

Для обессоливания воды применяют *гомогенные и гетерогенные мембраны*. Гомогенные мембраны представляют собой порошок ионита, смешанный со связующим веществом. Мембраны должны обладать малым электрическим сопротивлением.

Расстояние между мембранами оказывает большое влияние на эффективность работы электродиализатора. Оно составляет 1...2 мм.

Расход энергии при очистке воды, содержащей 250 мг/л примесей до остаточного содержания солей 5 мг/л составляет $7 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$. С увеличением солесодержания в воде

удельный расход энергии возрастает. Основным недостатком электродиализа является осаждение солей на поверхности мембран, в результате чего снижаются показатели очистки.

14.4. Химические методы очистки сточных вод

К химическим методам очистки сточных вод относят нейтрализацию, окисление и восстановление. Их применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения. Химическую очистку проводят иногда как предварительную перед биологической очисткой или после нее как метод доочистки сточных вод.

Нейтрализация сточных вод

Сточные воды, содержащие минеральные кислоты или щелочи, нейтрализуют перед сбросом в водоемы или перед использованием в технологических процессах. Практически нейтральными считаются воды, имеющие $pH = 6,5 \dots 8,5$.

Нейтрализацию можно проводить различным путем: смешением кислых и щелочных сточных вод, добавлением реагентов, фильтрованием кислых вод через нейтрализующие материалы, абсорбцией кислых газов щелочными водами или абсорбцией аммиака кислыми водами. В процессе нейтрализации могут образовываться осадки.

Для нейтрализации кислых вод могут быть использованы: $NaOH$, KOH , Na_2CO_3 , NH_4OH (аммиачная вода), $CaCO_3$, $MgCO_3$, доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), цемент. Наиболее доступным реагентом является гидроксид кальция (известковое молоко) с содержанием 5...10% активной извести $Ca(OH)_2$. Иногда для нейтрализации применяют отходы производства – шлаки металлургических производств.

Реагенты выбирают в зависимости от состава и концентрации кислой сточной воды. Различают три вида кислотосодержащих сточных вод:

- 1) воды, содержащие слабые кислоты (H_2CO_3 , CH_3COOH);
- 2) воды, содержащие сильные кислоты (HCl , HNO_3);
- 3) воды, содержащие серную и сернистую кислоты.

При нейтрализации известковым молоком сточных вод, содержащих серную кислоту, в осадок выпадает гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, что вызывает отложение его на стенках трубопроводов.

Для нейтрализации щелочных сточных вод используют различные кислоты или кислые газы, например, отходящие газы, содержащие CO_2 , SO_2 , NO_2 , N_2O_3 и др. Применение кислых газов позволяет не только нейтрализовать сточные воды, но и одновременно производить очистку самих газов от вредных компонентов.

Нейтрализация щелочных вод дымовыми газами является ресурсосберегающей технологией, т.к. при этом ликвидируется сброс сточных вод, сокращается потребление свежей воды, экономится тепловая энергия на подогрев свежей воды, а также очищаются дымовые газы от кислых компонентов (CO₂, SO₂ и др.) и от пыли.

Окисление загрязнителей сточных вод

Для очистки сточных вод используют следующие окислители; газообразный и сжиженный хлор, диоксид хлора, хлорат кальция, гипохлориты кальция и натрия, перманганат калия, бихромат калия, пероксид водорода, кислород воздуха, пероксосерные кислоты, озон, пиролюзит и др.

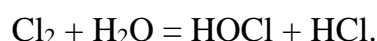
В процессе окисления токсичные загрязнения, содержащиеся в сточных водах, в результате химических реакций переходят в менее токсичные, которые удаляют из воды. Активность вещества как окислителя определяется величиной окислительного потенциала.

Окислительный потенциал – это электрическая мера изменения энергии реакции обмена электронов окислительно-восстановительной системы.

Первое место среди окислителей занимает фтор, который из-за высокой агрессивности не может быть использован на практике. Для других веществ величина окислительного потенциала (В) равна: для озона – 2,07; для хлора – 0,94; для пероксида водорода – 0,68; для перманганата калия – 0,59.

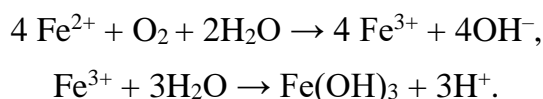
Хлор и вещества, содержащие «активный» хлор, являются наиболее распространенными окислителями. Их используют для очистки сточных вод от сероводорода, гидросульфида, метилсернистых соединений, фенолов, цианидов и др.

При введении хлора в воду образуется хлорноватистая и соляная кислоты:

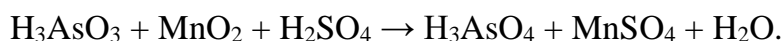


Пероксид водорода используется для окисления нитритов, альдегидов, фенолов, цианидов, серосодержащих отходов, активных красителей.

Кислород воздуха используют при очистке воды от железа. Реакция окисления в водном растворе протекает по схеме:



Пиролюзит является природным материалом, состоящим в основном из диоксида марганца. Его используют для окисления трехвалентного мышьяка в пятивалентный:



Окисление озоном позволяет одновременно обеспечить обесцвечивание воды, устранение привкусов и запахов и обеззараживание. Озон окисляет как неорганические, так и органические вещества, растворенные в сточной воде. Озонированием можно

очищать сточные воды от фенолов, нефтепродуктов, сероводорода, соединений мышьяка, ПАВ, цианидов, красителей, канцерогенных ароматических углеводородов, пестицидов и др.

Очистка сточных вод восстановлением

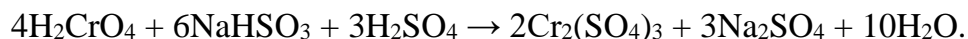
Методы восстановительной очистки сточных вод применяют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка. В процессе очистки неорганические соединения ртути восстанавливают до металлической ртути, которую отделяют от воды отстаиванием, фильтрованием или флотацией. Для восстановления ртути и ее соединений применяют сульфид железа, боргидрид натрия, гидросульфит натрия, гидразин, железный порошок, сероводород, алюминиевую пудру.

Наиболее распространенным способом удаления мышьяка из сточных вод является осаждение его в виде труднорастворимых соединений диоксидом серы.

Метод очистки сточных вод от веществ, содержащих шестивалентный хром, основан на восстановлении его до трехвалентного с последующим осаждением в виде гидроксида в щелочной среде.

В качестве восстановителей используют активный уголь, сульфат железа, бисульфат натрия, водород, диоксид серы, отходы органических веществ, пиритный огарок.

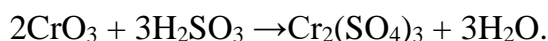
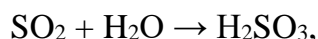
Для восстановления хрома наиболее часто используют растворы гидросульфита натрия:



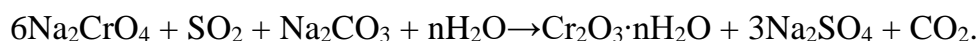
Для осаждения трехвалентного хрома применяют щелочные реагенты $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH и др.:



Восстановление диоксидом серы происходит по схеме:



В присутствии соды в сточных водах хром полностью удаляется из них:



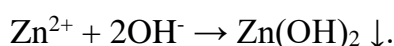
Удаление ионов тяжелых металлов

Для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, кадмия, цинка, свинца, меди, никеля, мышьяка и других веществ наиболее распространены реагентные методы очистки, сущность которых заключается в переводе растворимых в воде веществ в нерастворимые при добавлении различных реагентов с последующим отделением их от воды в виде осадков.

В качестве реагентов для удаления из сточных вод ионов тяжелых металлов используют гидроксиды кальция и натрия, карбонат натрия, сульфиды натрия, различные отходы.

Наиболее широко используется гидроксид кальция. Осаждение металлов происходит в виде гидроксидов. При обработке кислых вод оксидом кальция и гидроксидом натрия ионы цинка, меди, никеля, свинца, кадмия, кобальта, содержащиеся в стоках, связываются в труднорастворимые соединения.

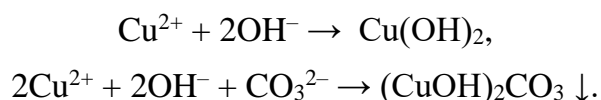
Выделение катионов Zn^{2+} щелочами основано на переводе их в труднорастворимый гидроксид цинка:



При действии соды на сточные воды, содержащие соли цинка, образуются гидрокарбонаты:

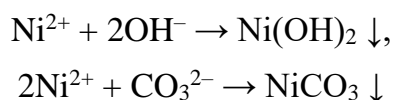


Очистка сточных вод от меди связана с осаждением ее в виде гидроксида или гидроксидкарбоната:



Возможен процесс извлечения меди из сточных вод осаждением ферроцианидом калия. Этот реагент может быть использован и для осаждения других ионов тяжелых металлов.

Очистка сточных вод от никеля основана на выделении его из раствора в виде труднорастворимых соединений:

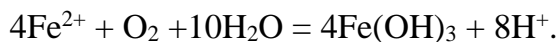


Обработка сточных вод щелочными реагентами позволяет снизить содержание тяжелых металлов в растворе до величин, сопоставимых с ПДК для водоемов санитарно-бытового пользования. Более глубокая очистка от тяжелых металлов достигается при обработке сточных вод сульфидом натрия.

Для очистки воды с высоким содержанием мышьяка применяют метод химического его осаждения в виде труднорастворимых соединений. Для очистки от кислородосодержащих соединений мышьяка применяют известковое молоко. Из сильноокислых растворов мышьяк осаждают сульфидом натрия, сероводородом. Очистку сульфидно-щелочных стоков от мышьяка проводят сульфатом железа (железным купоросом).

Соединения трехвалентного мышьяка перед осаждением окисляют до пятивалентного. В качестве окислителей используют хлорную известь, хлор, пероксид водорода, азотную кислоту, озон, пиролюзит.

Для очистки от солей железа применяют аэрацию, в процессе которой происходит окисление двухвалентного железа в трехвалентное:



При высоком содержании железа в воде применяют реагентные методы. Для этой цели используют хлор, хлорит кальция (хлорную известь), перманганат калия, озон, оксид кальция (известь), карбонат натрия (соду).

Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяются химические методы очистки сточных вод и что к ним относится?
2. В чем заключается метод нейтрализации?
3. Охарактеризуйте методы электрохимической очистки стоков.
4. Объясните сущность процессов окислительной и восстановительной очистки.
5. Как удаляют из сточных вод ионы тяжелых металлов?

ГЛАВА 15. ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

15.1. Общие сведения о радиоактивности и её влияние на человека

Радионуклиды, радиоактивные нуклиды (менее точно — радиоактивные изотопы, радиоизотопы) — нуклиды, ядра которых нестабильны и испытывают радиоактивный распад. Большинство известных нуклидов радиоактивны (стабильными являются лишь около 300 из более чем 3000 нуклидов, известных науке). На рис. 15.1 представлены виды радиоактивного распада ядер.

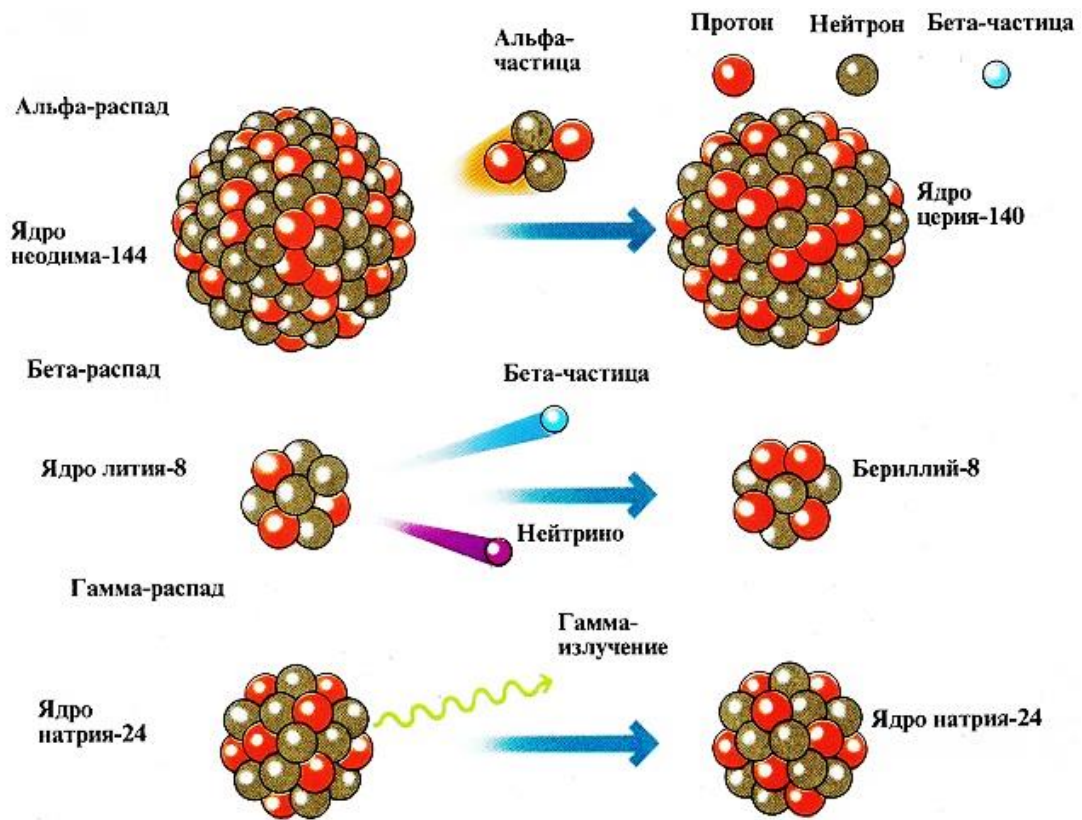


Рис. 15.1. Радиоактивный распад ядер

Наибольшую опасность для человека представляют: поток нейтронов, β -лучи, γ - и X-лучи (рис. 15.2).

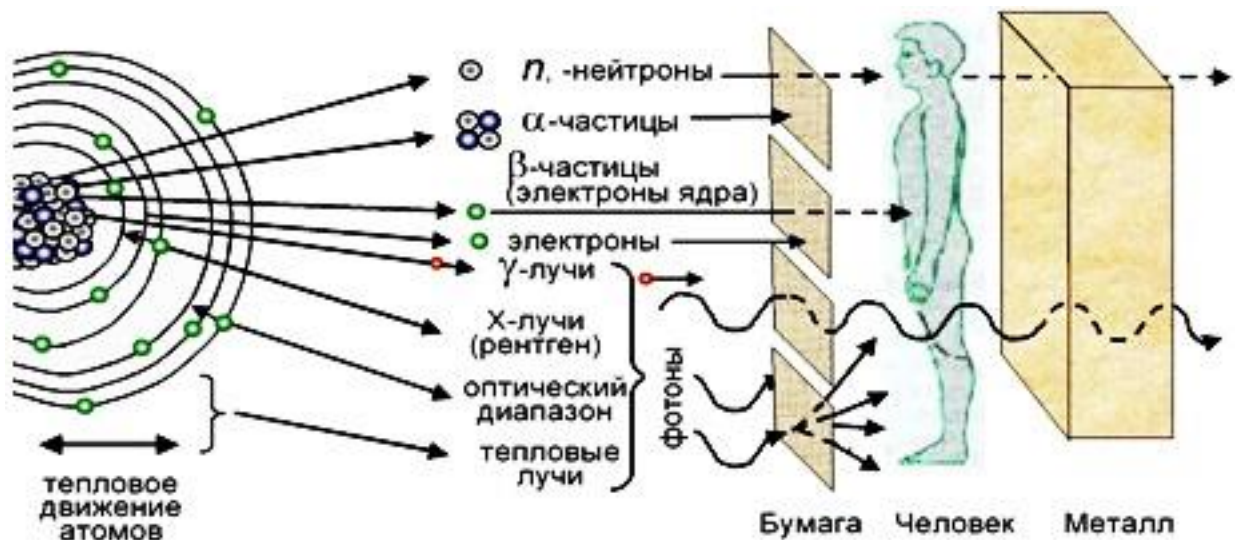


Рис. 15.2. Проникающая способность продуктов

Воздействие радиации на здоровье клеток может привести к их перерождению, например, в раковые. Механизм этого воздействия показан на рис. 15.3.

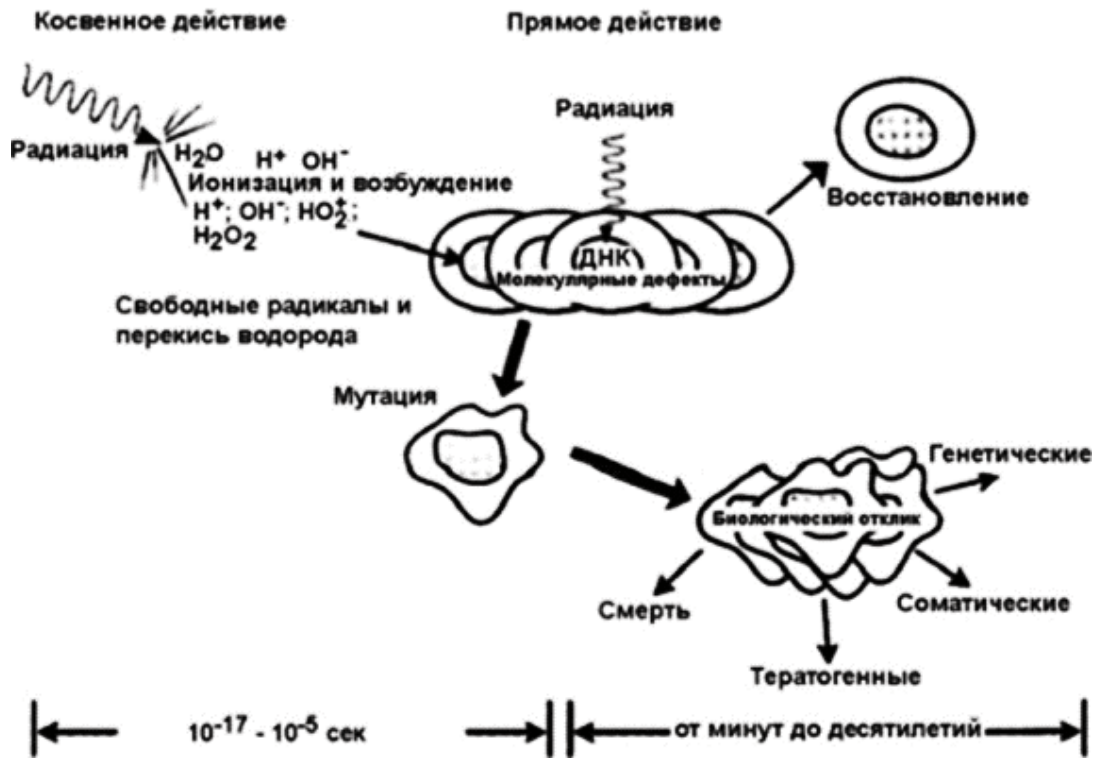


Рис. 15.3. Воздействие радиации на клетку

Радионуклиды могут попадать в организм человека через растительную, мясную и молочную пищу (рис. 15.4).

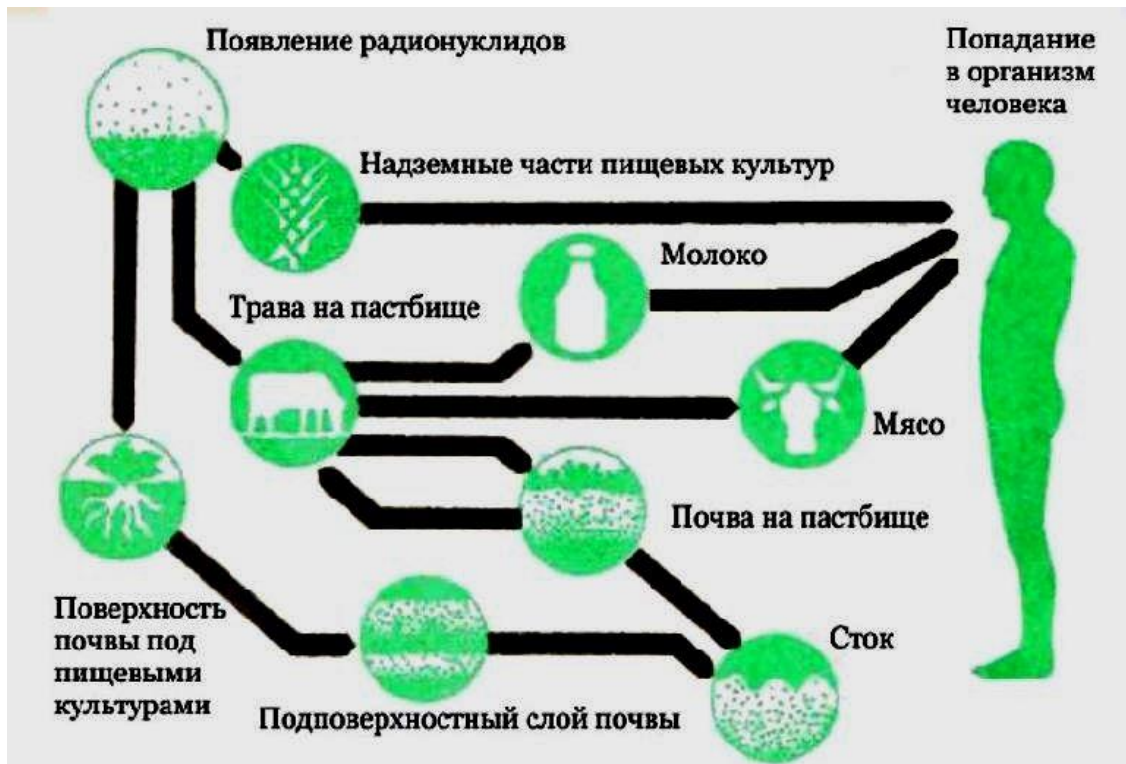


Рис. 15.4. Пути проникновения радионуклидов в организм человека

Из приведенных данных видно, насколько опасны радиоактивные вещества и насколько необходимо принимать решительные меры против возможного попадания этих веществ в окружающую среду.

15.2. Понятие радиоактивных отходов и основные принципы обращения с ними

Атомная энергетика вырабатывала в конце XX в. около 17 % производимой в мире электроэнергии. В настоящее время 31 страна эксплуатирует атомные электростанции. По состоянию на середину 2018 года, в мире насчитывается 451 энергетический реактор (не включая остановленных на длительный срок) общей мощностью около 394 ГВт, 55 реакторов находятся в стадии сооружения.

Наибольшее количество ядерных реакторов находится в США – 110, во Франции – 56, в Японии – 53, в России – 36, в Англии – 35.

Все стадии ядерно-топливного цикла – добыча урановой руды, ее обогащение, изготовление тепловыделяющих элементов, производство энергии, регенерация топлива и захоронение радиоактивных отходов – связаны с попаданием радиоактивных веществ в окружающую среду. При работе АЭС основным загрязнителем являются выбросы газообразных продуктов деления: трития ^3H , радиокриптона ^{86}Kr , радиоксенона ^{133}Xe и радиоуглерода ^{14}C (в форме $^{14}\text{CO}_2$). При этом радиационный фон от АЭС составляет около 0,17 мкЗв, а от работы ТЭЦ – в 12 раз выше (около 2,0 мкЗв). В отработанном топливе ТЭЦ накапливаются плутоний и другие трансурановые изотопы

Радиоактивные отходы (РАО) — отходы, содержащие радиоактивные изотопы химических элементов и не подлежащие использованию, в отличие от отработавшего ядерного топлива. В литературе встречается название — Ядерные отходы.

Радиоактивные отходы образуются при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных установок и осуществлении деятельности с использованием радиоизотопов в области науки, промышленности и медицины. Обращение с такими отходами необходимо производить таким образом, чтобы на протяжении продолжительных периодов времени обеспечивалась безопасность людей и окружающей среды.

Радиоактивные отходы могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Их опасность объясняется высоким содержанием радионуклидов (ядер атомов, способных к радиоактивному распаду). Радиация (излучение) оказывает резкое влияние, вплоть до гибели клеток и всего организма.

По удельной активности РАО подразделяют на низкоактивные ($< 0,1 \text{ Ки/м}^3$), среднеактивные ($0,1\text{--}1000 \text{ Ки/м}^3$) и высокоактивные ($> 1000 \text{ Ки/м}^3$).

Оценка действия ионизирующей радиации на живые организмы производится в двух видах единиц: либо в греях (Гр), то есть поглощенной дозе, либо в зивертах (Зв), то есть эффективной эквивалентной дозе. Для компонентов литосферы наиболее часто используют так называемые внесистемные единицы – кюри (Ки) и рентген (Р) (табл. 15.1).

Пороговое значение среднегодовой эффективной эквивалентной дозы облучения составляет 1мЭв (0,1 бэр). Этому показателю соответствует плотность радиоактивного загрязнения почв и пород Cs-137 в 0,1 Ки/м³. Ниже этих значений для населения не требуется ограничений, что означает удовлетворительное состояние эколого-геологических условий. Соответственно превышение этих норм означает необходимость введения особых защитных мероприятий: отселения населения, запрещения постоянного проживания, введения льготного социально-экономического статуса.

Табл. 15.1

Характеристики ионизирующего излучения

Величина	Система единиц СИ	Внесистемная единица	Отношения между единицами
Активность	Беккерель (Бк), равен одному распаду в секунду	Кюри (Ки), равно $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов в секунду	$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп/с} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Экспозиционная доза	Кулон на килограмм (Кл/кг) – экспозиционная доза фотонного излучения, при которой корпускулярная эмиссия в сухом воздухе массой 1 кг производит ионы, несущие заряд каждого знака, равный 1 Кл	Рентген (Р) – доза фотонного излучения, создающая в 1 см ³ воздуха суммарный заряд ионов одного знака в одну электростатическую единицу количества электричества	$1 \text{ Кл/кг} = 3,38 \cdot 10^3 \text{ Р}$ $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$
Поглощенная доза	Грэй (Гр) соответствует поглощенной энергии 1 Дж ионизирующего излучения любого вида, переданной облученному веществу массой 1 кг	Рад (рад) соответствует поглощенной энергии 100 эрг на 1 г вещества	$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 10^4 \text{ эрг/г} = 100 \text{ рад}$
Эквивалентная доза	Зиверт (Зв) – эквивалентная доза любого вида излучения, поглощенная в 1 кг биологической ткани, создающая такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения	Бэр (бэр) – энергия любого вида излучения, поглощенная в 1 г ткани, при которой наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе в 1 рад фотонного излучения	$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ $1 \text{ бэр} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Зв} = 10 \text{ мЗв}$

Часто путают и считают синонимами радиоактивные отходы и отработавшее ядерное топливо (далее – ОЯТ). Следует различать эти понятия. Радиоактивные отходы – это материалы, использование которых в дальнейшем не предусматривается. ОЯТ представляет собой тепловыделяющие элементы, содержащие остатки ядерного топлива и множество продуктов деления, широко применяемые в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и научной деятельности. Поэтому оно является ценным ресурсом, в результате переработки которого получают свежее ядерное топливо и изотопные

источники. Если все отходы атомных станций, которые сейчас есть в мире, собрать на одном стадионе, это будет куб 50х50х50 м.

Тем не менее, проблема РАО и ОЯТ вполне реальна, так как эти отходы остаются опасными в течение многих сотен тысяч лет из-за длинного периода распада радиоактивных веществ. Существует два основных метода по уменьшению уровня радиоактивности ядерных отходов – принцип растворения и принцип концентрации.

Принцип растворения заключается в ускорении разложения радиоактивных веществ и сброса отходов в атмосферу и водоемы с целью предотвращения пагубного влияния на защищаемые ресурсы. С началом широкого развития атомной энергетики многие страны стали осуществлять сброс отходов низкого и среднего уровня радиоактивности в открытое море. Эта практика была официально запрещена в 1983 году Лондонской конвенцией по защите моря на основании возрастающих опасений по поводу данного способа захоронения. До 1983 г., по-видимому, захоронения высокоактивных ядерных отходов не практиковались. Частично принцип растворения используется и сегодня при обращении с газообразными и аэрозольными радиоактивными отходами. Такие отходы подлежат выдержке или очистке на фильтрах с целью снижения их активности до уровней, регламентируемых допустимым выбросом, после чего могут быть удалены в атмосферу. Считается, что такое загрязнение не является причиной заболеваний людей. За последние 10-15 лет в некоторых странах-участницах ЕС для того, чтобы иметь возможность применять принцип растворения, была выделена новая категория радиоактивных отходов. Это – отходы очень низкого уровня. Согласно Закону по атомной энергии такие отходы могут быть освобождены от обработки, если в результате проведения ядерного регулирующего контроля подтвердится, что они сами могут вернуться в обычный круговорот веществ и не представляют угрозы для человека и окружающей среды.

Принцип концентрации заключается в том, что радиоактивные отходы сгущают (уменьшают их объем) и изолируют от окружающей среды. Сегодня этот метод используется в мировом масштабе в отношении твердых и жидких радиоактивных отходов низкого, среднего, и высокого уровней, а также в отношении части газообразных и аэрозольных отходов.

15.3. Опыт стран ЕС по обращению с радиоактивными отходами

В настоящее время в Европе нет единой внедренной Концепции обращения с высокорadioактивными отходами. Однако страны ЕС, использующие ядерную энергетику, обсуждают и активно развивают стратегии в этом направлении. Существует три основных критерия для обращения с отходами:

- подвергать тепловыделяющие элементы разложению или оставлять нетронутыми;
- производить геологическое захоронение или хранить на поверхности земли;
- осуществлять окончательное захоронение или временное хранение, пока не будут найдены новые, более эффективные способы утилизации.

15.3.1. Обращение с отработанным топливом

Существует два варианта обращения с отработанным топливом: либо тепловыделяющие элементы не подвергаются обработке, либо у них удаляют оболочку и содержимое разбавляют кислотами для ускорения распада радионуклидов.

Принцип **прямого захоронения** отработанного ядерного топлива заключается в том, что после извлечения из реактора его отправляют во временные хранилища. Они могут быть «мокрыми» (водяные бассейны) или сухими (контейнеры на поверхности земли). Там отработанное топливо охлаждается, что занимает относительно немного времени. Степень охлаждения зависит от технических требований хранилища. В самом простом случае захоронение заключается в погрузке отходов в контейнеры с долгосрочной стабильностью.

Преимущества:

- не требуется постройка огромных химических заводов для переработки радионуклидов, деятельность которых в свою очередь сопровождается выбросом радионуклидов в воду и атмосферу. Отсутствие таких заводов исключает возможность возникновения на них аварийных ситуаций.

- не образуются радиоактивные сточные воды;
- ядерное топливо остается в топливной матрице, значительно снижая вероятность выхода продуктов деления, что очень важно при наличии долгоживущих радионуклидов;
- снижается количество транспортных перевозок.

Недостатки:

- Все долгоживущие радионуклиды остаются в отходах. По этой причине перед окончательным геологическим захоронением отходов сложно гарантировать безопасность, по крайней мере, на один миллион лет.

Переработка отработанного ядерного топлива заключается в выделении урана и плутония из тепловыделяющих элементов, которые впоследствии могут быть использованы повторно. Этот процесс является сложным как в техническом, так и в химическом плане. Тепловыделяющие элементы извлекаются из реактора АЭС и отправляются на временное хранение в специальные «мокрые» бассейны. Через

некоторое время уровень радиоактивности значительно снижается, и тепловыделяющие элементы направляют на переработку. Первым этапом переработки является удаление оболочки, в которую заключено горючее. Затем сегменты растворяют в кислоте и из полученного раствора выделяют одновременно уран и плутоний. После этого производят химическое разделение урана и плутония и подвергают их дальнейшей переработке. В идеальном варианте плутоний должен переводиться в оксидную форму и смешиваться с оксидом урана для получения нового топлива (МОХ-топливо, от англ. mixed-oxide (MOX) fuel). Но на практике такой уран используют в других целях или же просто отправляют на временное хранение. Плутоний используется в процессе производства нового топлива для легко-водного реактора.

Преимущества: в отходах, предназначенных для длительного геологического захоронения, значительно сократится количество радионуклидов урана и плутония. Однако часть долгоживущих радионуклидов все же останется.

Недостатки:

- сотрудники ядерных объектов и население подвержены более сильному влиянию радиации, чем при прямом захоронении отходов;

- отработанное топливо и радионуклиды, образовавшиеся в реакторе, долгое время хранятся в жидком состоянии. В случае аварии радионуклиды будут выброшены в атмосферу в огромном количестве. Последствия могут быть более катастрофичными, чем после аварии в Чернобыле;

- образуется огромное количество зараженных сточных вод, требующих высоких денежных затрат на временное хранение и последующую утилизацию;

- увеличивается объем отходов в целом;

- большее количество обработок тепловыделяющих элементов и транспортировок отходов, увеличивает риск аварий и несчастных случаев.

- частичное извлечение урана и плутония из отходов создает видимость безопасности длительного захоронения. Однако нужны доказательства этой безопасности, так как в отходах остается часть долгоживущих радионуклидов;

- увеличивается вероятность использования извлеченного плутония для создания атомной бомбы в целях совершения теракта;

- использование топлива МОХ может привести к серьезнейшим авариям на атомных станциях.

Разделение и трансмутация. Концепция разделения и трансмутации существует только в теории. Она развивается при поддержке Европейского Союза. Суть ее заключается в выделении из отработанного топлива долгоживущих радионуклидов и их переработке в устойчивые атомы или короткоживущие радионуклиды. Этот проект

направлен на снижение уровня радиоактивной опасности отходов, что требуется при захоронении на длительный срок. Трансмутация осуществляется в условиях изоляции радионуклидов, для чего тепловыделяющие элементы извлекаются из реакторов, освобождаются от оболочки и сжижаются. Затем производится поэтапное химическое деление радионуклидов. Вначале одновременно выделяются уран и плутоний, а затем их разделяют. Выделенные радионуклиды должны направляться обратно в реакторы или ускорители для трансмутирования. Трансмутация совершается посредством расщепления ядра или его нейтронным облучением.

Однако до сих пор неясно, возможно ли будет достигнуть сокращения уровня радиоактивности отходов настолько, чтобы гарантировать их длительное безопасное захоронение.

Окончательное захоронение. Окончательное захоронение должно производиться на большой глубине в геологических слоях. Основным местом захоронения являются шахты. Также для этих целей подходят пещеры и глубокие буровые скважины. Защита человека и окружающей среды достигается за счет геологических барьеров (основные и окружающие породы), а также геотехнических (материалы заполнения скважин) и технических (включение отходов в матрицы, контейнеры).

Преимущества:

- существует возможность долгосрочного прогнозирования состояния радиоактивных отходов;
- благодаря барьерным системам отходы будут изолированы от человека и окружающей среды. Они не будут требовать технического обслуживания и контроля;
- геологические барьеры будут обеспечивать безопасность хранилищ даже в случае утери информации о них. Единственным условием для этого является правильно выбранное место для захоронения;
- вероятность производственных происшествий и выброса радиации сокращается за счет геологических слоев;
- низкое воздействие внешних факторов (например, землетрясение, погодные условия, терроризм);
- в случае правильных долгосрочных прогнозов, будущим поколениям не придется заниматься повторной переработкой этих отходов и нести из-за этого затраты (принцип таков – платит загрязнитель);
- наличие геологических барьеров практически исключает использование радиоактивных отходов в террористических целях.

Недостатки:

– нет гарантий, что барьеры будут функционировать долго (один миллион лет) и надежно;

– будет ограничена сфера деятельности последующих поколений из-за необходимости осторожного обращения с отходами и местом окончательного захоронения.

В России был разработан и предложен проект «Горячая капля», подразумевающий создание металлической оболочки из тугоплавких металлов – вольфрама и молибдена – диаметром несколько метров. В этот шар загружают РАО и отправляют вглубь земли. Для запуска «Горячей капли» требуется около сотни тонн высококонцентрированных радиоактивных отходов, которые немедленно начнут саморазогреваться до очень высоких температур. Расплавив под собой горное основание, контейнер начнёт погружаться в земные недра, пока не исчезнет в пучине расплавленной магмы.

Захоронение с возможностью извлечения. Радиоактивные отходы помещают в геологические формации угольных месторождений. Затем шахты накрываются крышкой таких размеров, чтобы в случае экстренной ситуации можно было извлечь отходы для перезахоронения. Возможность перезахоронения сохраняется в течение определенного времени. В этот период отходы находятся под контролем. По его истечению хранилища закрывают полностью. Полагается, что через некоторое время (от десятков до сотен лет) появятся новые технологии сокращения опасного потенциала радиоактивных отходов. Поэтому, имеющаяся возможность извлекать отходы в дальнейшем позволит их переработать в соответствии с новыми технологиями.

Преимущества:

– при возникновении непредсказуемых реакций в геологических слоях, в отходах или между отходами и породой (например, повышение температуры отходов) возможно вмешательство и исправление ситуации;

– незначительное влияние внешних факторов (землетрясение, погодные условия);

– будущие поколения смогут принимать решения сами о дальнейшей судьбе отходов.

Недостатки:

– открытая шахта и прямой доступ к отходам могут негативно повлиять на эффективность системы (например, на прочность технических барьеров);

– непредвиденная реакция геологической системы может случиться через много времени. Таким образом, сложно доказать, что барьеры будут правильно функционировать требуемые 1 миллион лет, даже если контролировать открытые шахты сотни лет;

– геологические или геотехнические барьеры не ограничивают доступ к радиоактивным материалам и, соответственно, остается угроза их использования в террористических целях;

– будущим поколениям придется заботиться о переработке ядерных отходов и о финансировании этого процесса;

– трудно предсказать развитие человечества в течение нескольких столетий, пока хранилища находятся в открытом состоянии.

15.4. Жидкие растворимые радиоактивные отходы

Особо опасным видом жидких отходов являются растворимые радиоактивные жидкие отходы, которые появляются вследствие деятельности АЭС и различных промышленных производств. Они обладают наиболее высокой степенью опасности для жизнедеятельности человека и всей окружающей среды. Существует несколько способов удаления радиоактивных элементов из жидкости.

Наиболее эффективным методом выделения радиоактивных элементов из жидкости является выпаривание. Этот способ заключается в разделении таких отходов на высокорadioактивную массу густой консистенции и на незагрязненную жидкость. Для этого применяются паровое сжатие, перегонные кубы, а также испарители взрывного вскипания. Таким образом, можно получить очень высокий коэффициент очистки. Для обработки растворимых радиоактивных отходов пользуются катионными или анионными ионообменными смолами. Для извлечения из жидких отходов радиоактивных катионов, используют абсорбционные смолы и глины. После использования этих смол их либо сжигают для получения концентрации радиоактивных материалов в золе, либо подвергают захоронению.

На данный момент большое количество жидких радиоактивных отходов хранится в специальных контейнерах глубоко под землей. Обычно, поставщиками таких отходов являются радиоизотопные лаборатории. Это очень высокорadioактивные отходы, поэтому их необходимо хранить в таких условиях годами, а то и столетиями до полного распада.

Наиболее надежным и экономически выгодным способом изоляции радиоактивных отходов от окружающей среды является их захоронение в глубоко залегающие геологические формации. Одним из основных вопросов дальнейшей эксплуатации таких хранилищ является повышение технического уровня обеспечения безопасности действующих установок и обоснованности долговременных прогнозов состояния захороненных отходов и миграции их компонентов.

В России захоронение жидких РАО в глубоко залегающие пласты-коллекторы впервые проведено в 1963 году на Сибирском химическом комбинате на специально оборудованном полигоне (глубоком хранилище). Принципиальная схема захоронения предполагает подачу жидких РАО через нагнетательные скважины в пласт-коллектор, расположенный между водоупорными горизонтами. Позже подобные полигоны были организованы на Горно-химическом комбинате и ГНЦ «НИИ атомных реакторов». За 55 лет эксплуатации в этих геотехнических сооружениях были изолированы внушительные объемы (более 55 млн м³) ЖРО различного уровня активности, удаленных из области жизнедеятельности человека. Признана положительная роль полигонов в поддержании благоприятной радиационной обстановки в местах размещения ядерных производств.

15.5. Опыт США в обращении с радиоактивными отходами

Число атомных электростанций в США неуклонно сокращается. По сообщениям Управления энергетической информации страны (EIA) в ближайшие семь лет в США планируют остановить 12 атомных реакторов общей производительностью 11,7 гигаватт (ГВт). Закрытие АЭС связано с падением цен на газ, которое делает эксплуатацию АЭС нерентабельным.

Атомная промышленность США до сих пор не имеет возможности долговременного захоронения радиоактивных отходов. Существующее в США глубокое геологическое хранилище Waste Isolation Pilot Plant принимает отходы только от оборонной индустрии. В настоящее время значительная часть радиоактивных отходов в США хранится на местах производства, что гораздо более опасно и накладно, чем перевозка и захоронение их в репозитории.

Крупнейшим в США местом захоронения радиоактивных отходов является Хэнфордский комплекс, на территории которого также расположены Колумбийская АЭС, Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория и несколько научно-исследовательских организаций. Хэнфордский комплекс был построен в 1943 году и стал местом расположения «Реактора В», производившего плутоний. Комплекс постепенно расширился до девяти ядерных реакторов и пяти линий химической сепарации, которые за 40 лет эксплуатации произвели около 57 тонн плутония. После окончания холодной войны производство плутония было свёрнуто, но на территории предприятия осталось около 204 тысяч кубометров жидких высокоактивных отходов в 177 могильниках. Первоначально часть жидких радиоактивных отходов в Хэнфорде поначалу просто сливали в землю, часть осадков поместили в контейнеры и закопали. Поняв, что это слишком опасно, в 1943 году разработали специальные емкости из

углеродистой стали, облицованные бетоном, в которые с 1944 года начали загружать жидкие РАО. Проектный срок эксплуатации составлял 25 лет, после чего предполагалось построить новые емкости, перелить в них жидкие РАО и хранить, пока не будет найдено кардинальное решение для хранения этих чрезвычайно опасных отходов.

Емкости нового типа имеют двойные стальные стенки, между которыми размещаются детекторы течей, автоматически контролирующие их появление. Проектный срок службы такого бака составляет от 20 до 50 лет.

В феврале 2013 года резервуары хранилища дали течь, в результате чего вредные вещества попали в окружающую среду. В мае 2017 г из-за оседания почвы произошло обрушение тоннеля, хотя вероятность такого события считалась очень низкой. В обоих случаях было объявлено, что угрозы здоровью населения нет. Между тем, по оценкам экспертов, территория у хранилища считается одним из самых загрязнённых мест на планете. По меньшей мере у 42 работников комплекса было диагностировано отравление химическими веществами. Чаще всего случаи заражения происходят, когда вещества с высоким уровнем радиоактивного излучения перемещают из одного резервуара в другой.

В настоящее время в Хэнфордском комплексе производится переупаковка части старых отходов в более современные ёмкости. Это позволило сократить в 3 раза объём отходов, оставленных для временного хранения.

В Тихоокеанском регионе вблизи Маршалловых Островов США проводили ядерные испытания. В районе этих островов во времена холодной войны США провели 67 ядерных испытаний, в том числе взорвав водородную бомбу «Браво», которая в 1 тыс. раз мощнее сброшенной на Хиросиму. Тогда многие жители Маршалловых островов были вынуждены покинуть свои дома, а другие пострадали из-за радиоактивных осадков. Остатки почвы и пепла от взрывов американские власти укрыли в кратере на острове Ранит в конце 1970-х годов и закрыли бетонным куполом, в котором сейчас появились трещины и который может развалиться из-за обычного тропического циклона. В результате радиоактивные отходы от американских испытаний ядерного оружия могут попасть в Тихий океан.

В 2002 году было одобрено строительство Репозитория Юкка Маунтин. Это сухое хранилище отработанного ядерного топлива (т. н. глубокое геологическое захоронение) — полигон для глубокого захоронения отработанного ядерного топлива реакторов и других радиоактивных отходов. Хранилище в Юкка Маунтин будет располагаться внутри длинного хребта, около 300 м ниже поверхности и 300 м выше уровня грунтовых вод, и будет иметь около 64 км тоннелей. Вместимость составит

приблизительно 77000 тонн ядерных отходов. Несмотря на то, что оно вызывало (и вызывает) множество протестов со стороны экологов и местных жителей, проект был утвержден конгрессом США. А в 2009 году проект был заморожен. В 2018 году было вынесено решение закончить строительство, но до настоящего времени это хранилище не введено в эксплуатацию.

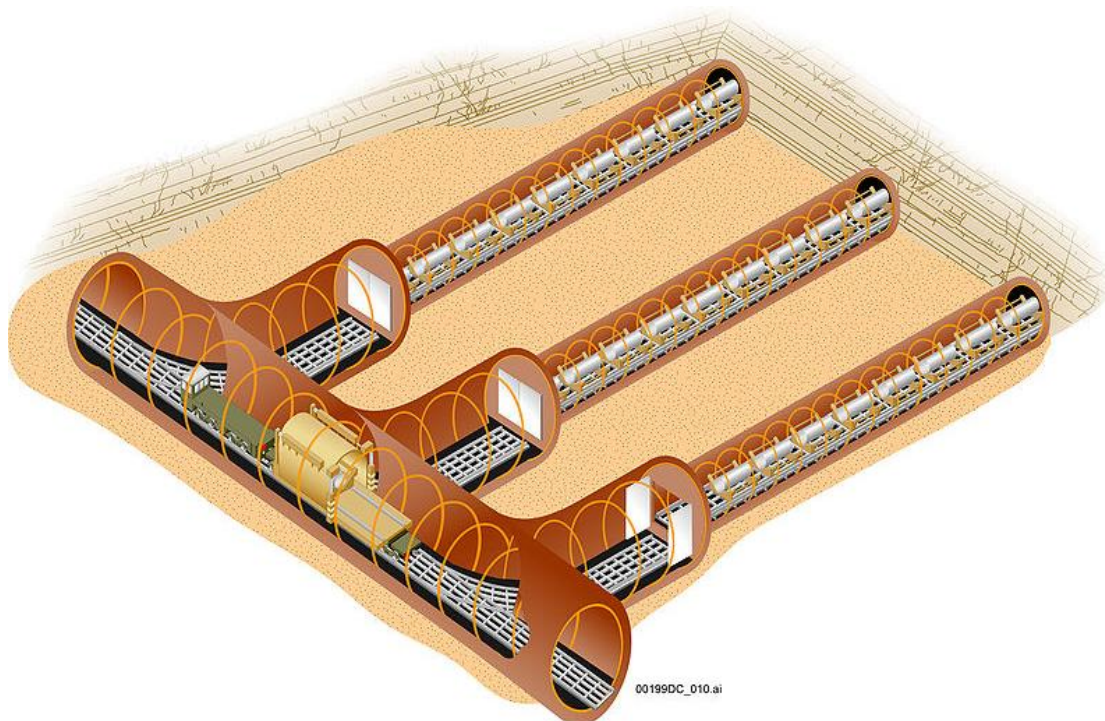


Рис. 15.5. Тупиковые тоннели для размещения контейнеров с отходами.

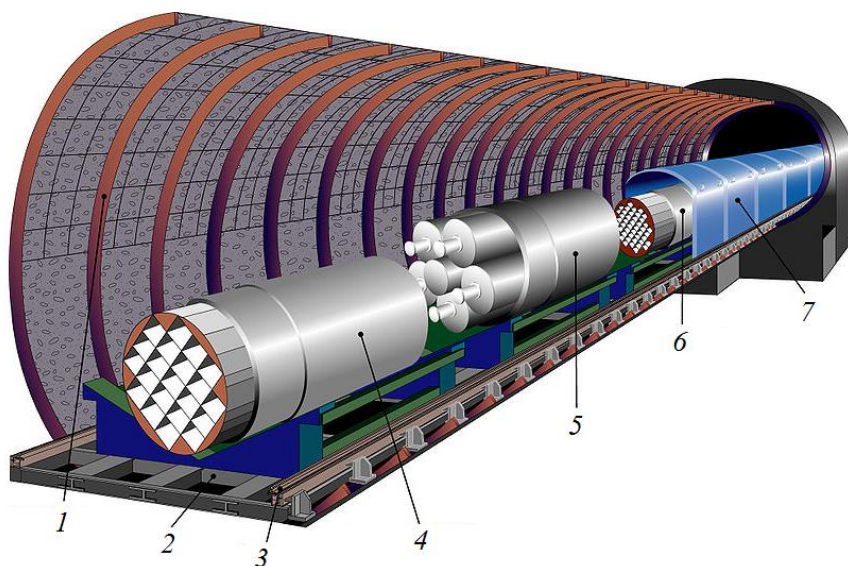


Рис.15.6. Многослойная защита контейнеров в строящемся в Юкка-Маунтин хранилище для радиоактивных отходов

1 – стальные комплекты для удержания грунта; 2 – стальное основание; 3 – рельсы; 4 – пакет отходов водного реактора под давлением; 5 – пакет отходов, содержащий пять контейнеров для высокоактивных отходов и один контейнер для отработавшего ядерного топлива; 6 – пакет отходов реактора с кипящей водой; 7 – защита от капель

Строение тупиковых тоннелей и контейнеров для хранения отходов в Юкка Маунтин показано на рис. 15.5 и 15.6. Предполагаемые сроки хранения отходов будет измеряться десятками тысяч лет.

15.6. Радиоактивные отходы в Узбекистане

Узбекистан имеет многолетний опыт обращения с радиоактивными отходами. В Институте ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан в сентябре 1959 года был введен в эксплуатацию исследовательский ядерный реактор ВВР-СМ мощностью 2 МВт. Впоследствии его мощность была увеличена до 10 МВт. Образующиеся отходы все эти годы поступали в созданный при ИЯФ Республиканский пункт по захоронению радиоактивных отходов.

7 сентября 2018 года в г.Москве (РФ) подписано Межправительственное соглашение между Республикой Узбекистан и Российской Федерацией о сотрудничестве в строительстве на территории Узбекистана атомной электростанции.

Станция будет состоять из двух энергоблоков ВВЭР-1200 мощностью 1,2 тыс. МВт каждый. Сдача первого энергоблока запланирована на 2028 год, второго – до 2030 года. В качестве оптимального места для строительства АЭС выбрана площадка вблизи озера Тузкан Фаришского района Джизакской области.

В настоящее время прорабатываются различные варианты сотрудничества РУз и РФ в области обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами. Планируется, что отработавшее топливо АЭС будет перевозиться в Россию для переработки. В ходе переработки весь ценный ядерный материал будет извлечен, а остаток приведен в твердое агрегатное состояние путем выпаривания и прессования, и впоследствии будет обратно перевезен на территорию Узбекистана. Концепцию обращения с ОЯТ планируется утвердить в 2023 году.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой радионуклиды? Как они образуются?
2. Как действуют радионуклиды на человека?
3. Какие отходы называют радиоактивными? Какие они бывают?
4. Назовите принципы обращения с радиоактивными отходами.
5. Охарактеризуйте опыт обращения ЕС и США с радиоактивными отходами.
6. Состояние атомной энергетики в Узбекистане.

ГЛАВА 16. ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ПЫЛЕВИДНЫХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

16.1. Источники образования пылевых и газовых отходов на производственных предприятиях

Промышленное производство и другие виды хозяйственной деятельности людей сопровождаются выделением в воздух помещений и в атмосферный воздух различных веществ, загрязняющих воздушную среду.

В промышленном производстве основная причина образования вредных веществ — технологические процессы, связанные с переработкой исходного сырья. Формирующиеся при этом вредные вещества выделяются вместе с отходящими газами в атмосферу, загрязняя ее пылевидными отходами и токсическими соединениями.

Качество атмосферного воздуха, его воздействие на организм, во многом обусловлено содержанием в нем взвешенных частиц, главным образом пылевых. Для снижения выбросов вредных аэрозольных (в том числе пылевидных), органических, неорганических и других компонентов отходящих газов в промышленности применяют различные методы их очистки; их выбор определяется составом и концентрацией газов.

В состав загрязняющих компонентов газа могут входить гетерогенные (твердые и жидкие частицы) и гомогенные примеси. В воздух поступают аэрозольные частицы (пыль, дым, туман), газы, пары, а также микроорганизмы и радиоактивные вещества. Качество воздуха ухудшается также из-за присутствия в воздухе носителей неприятных запахов.

Выбросы в атмосферу различают по виду, составу, количеству, агрегатному состоянию, характеру появления и пребывания в атмосфере, влиянию на биосферу и множеству других признаков.

Классификация воздушно-газовых выбросов.

Выбросы в атмосферу в зависимости от состава вредных веществ классифицируют по их агрегатному состоянию на 4 класса:

- газообразные и парообразные;
- жидкие;
- твердые;
- смешанные.

По температуре выбросы бывают:

- нагретые (больше температуры воздуха);
- холодные.

По организации отвода и контроля выбросы делят на:

- организованные;
- неорганизованные.

По признакам очистки выбросы делят на:

- выбрасываемые без очистки (организованные и неорганизованные);
- выбрасываемые после очистки (организованные).

Организованные выбросы на предприятиях могут быть *технологическими* и *вентиляционными*.

К технологическим относятся выбросы при технологических процессах, при продувке оборудования, труб ТЭС, котельных.

К вентиляционным относятся выбросы общеобменной и местной вытяжной вентиляции.

16.2. Состав пылегазовых выбросов

К распространенным вредным веществам в воздухе относятся: аэрозоли различного происхождения — пыль, туман, дым; а также газовые загрязнения.

16.2.1. Аэрозоли.

Взвешенные в воздушно-газовой среде частицы являются *аэрозолями*. По своему агрегатному состоянию различают аэрозоли:

- содержащие твердые отходы (пыль — частицы размером 5-50 мкм, дым — частицы размером более 0,1-5 мкм);
- содержащие капельки жидкости (туманы — капельки размером более 0,3-5 мкм).

Пыль постоянно присутствует в атмосфере.

В зависимости от *происхождения* различают пыль естественную и промышленную (технологическую). Пыль технологического происхождения характеризуется большим разнообразием по химическому составу, размеру частиц, их форме, плотности, характеру краев и т. д. Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже — оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена, фтора, ртути.

В процессе сжигания топлива многие токсичные элементы, присутствующие в нем в очень малых количествах, превращаются в твердые частицы и попадают в

атмосферную пыль. Степень перехода фтора и ртути в воздух во время горения топлива достигает 80-90 % от их исходного содержания в топливе, летучих форм свинца, кадмия и хлора — более 50 %, мышьяка и никеля — около 20 %.

В настоящее время для получения сплавов со специальными свойствами, для использования в качестве катализаторов, для изготовления отдельных деталей, конструкций все шире применяются редкие металлы — бериллий, литий, ванадий, титан, цирконий, вольфрам, таллий, селен и др., которые при некоторых технологических процессах также могут попадать в атмосферную пыль.

Жидкие загрязнения (туман, капли) образуются при конденсации паров, распылении или разливе жидкостей, в результате вторичных химических или фотохимических реакций.

Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром. Средний размер таких аэрозольных частиц составляет 1-5 мкм.

В зависимости от *природы материала*, из которого пыль образована, она может быть органической (мучная, зерновая, табачная, сахарная, чайная, хлопковая) и неорганической (кварцевая, цементная, асбестовая, металлическая).

Органические пыли, например мучная, могут быть питательной средой для развития микроорганизмов. Пылевые частицы могут быть ядром конденсации для паров жидкостей. Вместе с пылью в помещение могут проникать вещества, вызывающие интенсивную коррозию металлов и т. д. С воздухом многие пыли образуют взрывоопасные смеси.

Опасность для человека представляют тонко дисперсные пыли с размером частиц 0,5-10 мкм. Пыль оказывает вредное действие на органы дыхания (пневмокониоз), зрение (конъюнктивит), кожу (дерматит) и на пищеварительный тракт (отравление).

Ряд веществ, применяемых в промышленности, способен вызвать злокачественные опухоли в различных частях тела. Такими канцерогенными веществами являются хром, мышьяк, никель, асбест, бериллий, сажа, смола, пек, минеральные масла и ряд других. Опухоли могут возникать и через значительный период (несколько лет) после прекращения работы с соответствующими веществами.

16.2.2. Газовые загрязнения

Многие технологические процессы на предприятиях металлургической, химической, нефтехимической промышленности, в ряде цехов машиностроительных заводов, на многих других производствах сопровождаются поступлением вредных газов

и паров в атмосферный воздух. Активным загрязнителем атмосферного воздуха является транспорт, в первую очередь, автомобильный.

К загрязнениям относятся вещества, содержащиеся в атмосфере в концентрациях, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека, животных и растения, здания и сооружения, материалы и оборудование. Некоторые газы (диоксид серы, оксиды азота и др.) обычно присутствуют в атмосфере в низких (фоновых) концентрациях, не опасных для объектов биосферы.

Газовые загрязнения, как и аэрозольные, значительно ухудшают качество атмосферного воздуха, а в ряде случаев делают его непригодным для дыхания людей. Некоторые металлы и их соединения, особенно из группы тяжелых металлов, представляют опасность при вдыхании их паров.

Вместе с газовыми выбросами в атмосферу попадают органические соединения. Очень опасно присутствие в атмосфере, даже в малых количествах, альдегидов и кетонов, оказывающих раздражающее действие на органы зрения и действующих как наркотик на центральную нервную систему.

Типичными газовыми отходами промышленных производств являются диоксид (SO_2) и триоксид (SO_3) серы; оксид (CO) и диоксид (CO_2) углерода; оксид (NO) и диоксид (NO_2) азота. К наиболее опасным газообразным загрязняющим веществам относят хлор, оксиды азота, серы, хлорид и фторид водорода, сероводород, дисульфид углерода.

Оксид углерода (угарный газ CO) — бесцветный газ без запаха. Высокотоксичное вещество. Плотность по отношению к воздуху — 0,967. Образуется в результате неполного сгорания углерода (сгорание углерода в условиях недостатка кислорода). Выделения CO происходят в литейных, термических, кузнечных цехах, в котельных, особенно работающих на угольном топливе; CO содержится в выхлопных газах автомашин, тракторов и т. д. Через легкие CO проникает в кровь. Вступая в соединение с гемоглобином, образует карбоксигемоглобин. При этом нарушается снабжение организма кислородом. В тяжелых случаях наступает удушье.

Сероводород (H_2S) — бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Температура кипения 60,9 °С, плотность по отношению к воздуху — 1,19. Горит синим пламенем с образованием воды и диоксида серы. Встречается при переработке, получении или применении сернистого бария, сернистого натрия, сурьмы, в кожевенной промышленности, в свеклосахарном производстве, на фабриках искусственного шелка, при добыче нефти и ее переработке и других производствах. Поступает в организм через легкие, в небольших количествах — через кожу. Обладает высокой токсичностью. Порог ощущения запаха 0,012-0,03 мг/м³, концентрация около 11 мг/м³ тяжело

переносима даже для привычных к нему. Поражает центральную нервную систему, нарушает кровоснабжение организма. При низких концентрациях обладает раздражающим действием в отношении слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Диоксид серы (сернистый газ SO_2) — бесцветный газ с острым запахом. Плотность по отношению к воздуху — 2,213. Встречается при сжигании топлива, содержащего серу, в котельных, кузницах, литейном производстве, при производстве серной кислоты, на медеплавильных заводах, в кожевенном производстве и ряде других. Весьма распространенное вредное вещество. В организм поступает через дыхательные пути. Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей. При больших концентрациях могут быть более тяжелые последствия вплоть до потери сознания, отека легких.

Окислы азота являются смесью соединений азота с кислородом при их различном соотношении. Это весьма распространенные вредные вещества, выделяются при производстве азотной кислоты, при производстве удобрений, при взрывных работах и др. Поступают в организм через дыхательные пути. При небольших концентрациях и малом содержании диоксида азота в смеси происходит раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей. При большом содержании диоксида азота в смеси и большой концентрации смеси в воздухе наступают явления удушья.

Углеводороды ароматического ряда. При перегонке каменного угля на коксохимических заводах и при перегонке нефти получают бензол, толуол, ксилол. В обычных условиях они находятся в жидком состоянии. Температура кипения бензола (C_6H_6) — 80,1 °С; толуола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) — 110,8 °С; ксилола ($(\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{C}_2\text{H}_5$) — 144 °С. Поступают в организм через дыхательные пути и кожу. Наиболее опасным является бензол. Ароматические углеводороды токсически действуют на кроветворные органы и на центральную нервную систему.

Дисперсные и газовые загрязнители нередко появляются в результате одного и того же производственного процесса. Далее они вместе перемещаются в коммуникациях, тесно взаимодействуют в очистных аппаратах и атмосфере, совместно наносят ущерб окружающей среде и человеку. Поэтому при разработке очистных сооружений необходимо учитывать весь комплекс загрязнителей, присутствующих в технологическом выбросе. Нельзя принимать за средство очистки запыленных газов пылеосадительное устройство, выбрасывающее в атмосферу вредные газообразные вещества. Недопустимы и такие средства, в которых обезвреживание исходных газовых загрязнителей сопровождается образованием и выбросом ядовитых туманов и дымов других веществ.

Для того чтобы избежать тяжелых последствий и поддерживать качество воздуха на уровне, соответствующем санитарным требованиям, выбросы в атмосферу должны очищаться не только от аэрозольных загрязнений, но также от вредных паров и газов. Выброс вредных газов и паров в атмосферу можно значительно уменьшить благодаря совершенствованию технологических процессов.

16.3. Теоретические основы очистки пылегазовых потоков

Обезвреживание выбросов предполагает либо удаление вредных примесей из инертного газа-носителя, либо превращение их в безвредные вещества. Оба принципа могут быть реализованы через различные физические и химические процессы, для осуществления которых требуются определенные условия. Расчеты процессов и аппаратов пылегазоочистки при их проектировании должны быть направлены на создание условий, обеспечивающих максимально полное обезвреживание выбросов.

Классификация методов очистки воздушно-газовых выбросов от пылевых и газообразных отходов в настоящее время не вполне устоялась; их различают по типу процесса (механические сухие и мокрые, абсорбционные, хемосорбционные, адсорбционные, каталитические), по характеру процесса (регенерационные и нерегенерационные), по типу получаемого продукта, по виду загрязнений (пыль, аэрозоли, туманы, газы) и т. д.

Выбор метода и аппарата очистки зависит от:

- 1) вида и агрегатного состояния загрязнителя;
- 2) концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах;
- 3) дисперсного состава;
- 4) объема газа;
- 5) температуры газа;
- 6) наличия в газе других примесей;
- 7) требуемой степени очистки;
- 8) возможности использования продуктов рекуперации.

Основные методы очистки выбросов от аэрозолей представлены на рис. 16.1.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. В основе сухих методов лежат гравитационные, инерционные, центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. Электрическая очистка газов основана на ионизации молекул газа электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц.

При обработке выбросов, содержащих твердые аэрозольные загрязнители, низких величин проскока (1...2% и менее) можно достичь, как правило, только двухступенчатой очисткой. Для предварительной очистки могут быть применены жалюзийные решетки и циклонные аппараты (иногда для небольших объемов выбросов – пылеосадительные камеры), а для окончательной – пористые фильтры, электрофильтры или мокрые пылеосадители.



Рис. 16.1. Основные методы очистки выбросов от аэрозолей

Мокрая пылегазоочистка (промывка газов) относится к механическим методам очистки газов от дисперсных и гомогенных вредных газовых примесей. Мокрая очистка газовых выбросов осуществляется за счет тесного взаимодействия между жидкостью и запыленным газом на поверхности газовых пузырей, капель или жидкой пленки. Процесс мокрого пылеулавливания основан на контакте запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы.

Существуют следующие варианты процесса мокрой пылеочистки:

- 1) улавливание каплями жидкости, двигающимися через газ;
- 2) улавливание пленками жидкости, текущими по твердым поверхностям;
- 3) улавливание в пузырях газа, поднимающихся в жидкости;
- 4) улавливание при ударе газовых струй о поверхность жидкости.

Жидкие аэрозоли (туманы) могут быть скоагулированы посредством изменения параметров состояния (охлаждения и повышения давления) с целью осаждения в последующем с использованием мокрых способов улавливания.

Мокрые способы очистки твердых и жидких аэрозолей имеют существенный недостаток — необходимость очистки улавливающей жидкости (сточных вод) от уловленного загрязнителя.

По этой причине мокрые способы следует применять только при отсутствии других методов очистки, отдавая предпочтение способам с минимальным расходом жидкости.

Невозможно указать точные границы применимости тех или иных физических и химических процессов к какому-либо из принципов обезвреживания выбросов или строго соотнести их с определенными агрегатными состояниями загрязнителей. Так, процессы гравитационного и инерционного осаждения дисперсной части выбросов могут быть использованы и для отделения газов с высокой плотностью, например, галогенидов тяжелых металлов.

Проектирование аппаратов сухой и мокрой пылеочистки невозможно без знания свойств пыли (дисперсность, слипаемость, абразивные свойства и т.д.), а также закономерностей движения частиц.

Простейшие закономерности движения частиц рассматриваются в предположении, что в процессе движения каждая частица движется независимо от другой и с ними ничего не происходит. Набор различных вариантов движения частиц весьма обширен, поэтому учет усложняющих факторов производится постепенно.

В общем виде уравнение движения одиночной частицы аэрозоля записывается на основании закона Ньютона:

$$m_{\text{ч}} \frac{d\vec{v}_{\text{ч}}}{d\tau} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

Где $m_{\text{ч}}$ — масса частицы, $v_{\text{ч}}$ - вектор скорости частицы. Силы F_1, F_2, \dots могут зависеть от времени и положения частиц (электрические и магнитные силы) или быть постоянными (сила тяжести). Эти силы обычно уравновешиваются силой сопротивления, которая зависит от свойств среды, характера потока, формы частицы и ее относительной скорости. В технологических агрегатах для очистки газов все эти параметры могут существенно различаться, поэтому для их расчета требуется целый набор решений уравнения движения частицы.

Одним из важнейших механизмов удаления частиц из воздушного потока является импакция. Простейшая модель импакции показана на рис. 16.2.

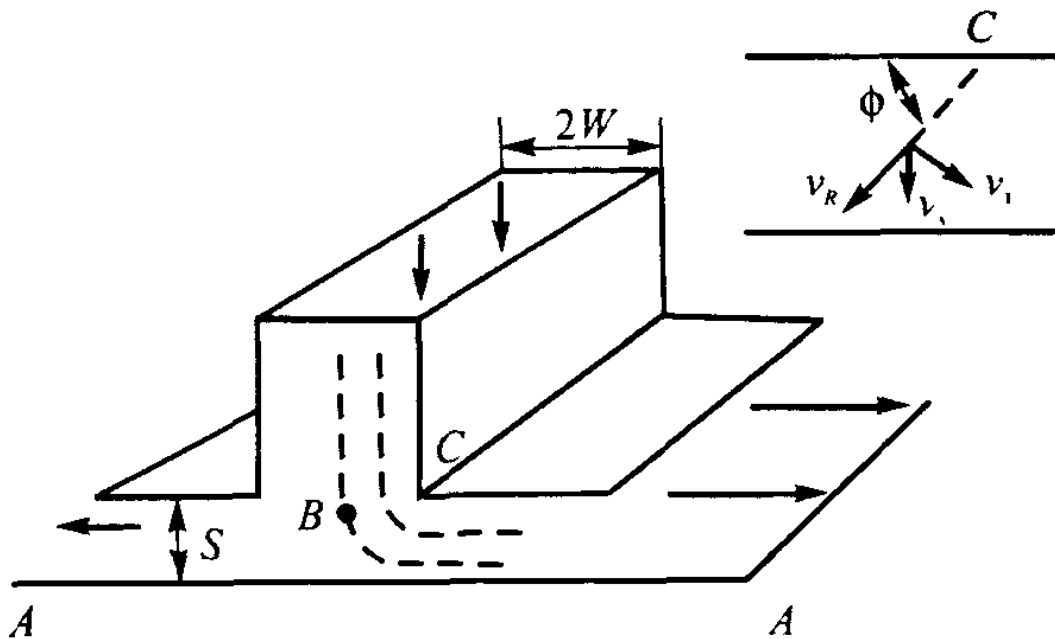


Рис. 16.2. Модель импакции

Воздух поступает со скоростью u через длинную щель шириной $2W$. Плоскость А-А расположена перпендикулярно к исходному направлению потока на расстоянии S от края щели. При таком расположении плоскости воздух, поступающий из щели, прежде чем начать свободно растекаться, вынужден изменить направление на 90° . Частицы, «не вписавшиеся» в поворот, будут соударяться с плоскостью А-А и оставаться на ней.

16.4. Методы рекуперации ценных компонентов из шлама

В зависимости от способа улавливания (сухого или мокрого), природы, количества, физико-химических свойств, концентрации потенциально полезного компонента, его токсичности, стоимости, перспектив последующей переработки и ряда других показателей существуют методы рекуперации, ликвидации и изоляции промышленных пылей. Естественно, наиболее рациональным является рекуперация пылей.

Возможные пути использования промышленных пылей:

- 1) использование в качестве целевых продуктов;
- 2) возврат в производство, в технологии которого происходит образование данного вида пыли;
- 3) переработка в другом производстве с целью получения товарных продуктов;
- 4) утилизация в строительных целях;
- 5) переработка с извлечением ценных компонентов;
- 6) сельскохозяйственное использование (в отдельных случаях — в качестве

удобрений);

- 7) утилизация в процессах, где используются отдельные физико-химические свойства (или совокупность таких свойств) пылевидных материалов.

Использование пыли в качестве целевого продукта. Как правило, это относится к технологии, направленной на специальное получение продукции в виде тонкодисперсного материала. Типичным примером такой технологии является производство сажи.

Сажу широко используют во многих отраслях промышленности в резиновой и шинной (более 90 % всего производимого количества), лакокрасочной и др. Ее получают в процессе сжигания нефтепродуктов или горючих газов при недостатке воздуха (в коптящем пламени).

Особенностью сажи является высокая дисперсность составляющих ее частиц (0,01-5,5 мкм) и их низкое удельное электрическое сопротивление. Плотность сажи находится в пределах 1750-2000 кг/м³, а ее насыпная плотность — 40-300 кг/м³.

В зависимости от способа производства сажи и ее сорта применяют различные схемы сажееулавливания из технологических газов сажевых производств.

На рис. 16.14 в качестве иллюстрации приведена схема очистки технологических газов в производстве форсуночной сажи.

Такую сажу получают при сжигании жидких нефтепродуктов, распыляемых форсунками в реакторах при недостатке воздуха. Она характеризуется большой дисперсностью: ее удельная поверхность составляет 25-35 м²/г. В газах, поступающих на очистку, содержание сажи составляет 80-100 г/м³. Следует учитывать, что отходящие газы сажевого производства взрывоопасны и горючи.

Для выделения форсуночной сажи из технологических газов сажевого производства используют электрофильтры.

В электрофильтрах происходит частичная коагуляция взвешенных частиц, поэтому для улавливания образующихся агломератов используют вторую ступень очистки, в качестве которой служат последовательно установленные циклоны. Степень очистки в первой ступени составляет 97 %, во второй — 80 %. В среднем остаточное содержание сажи в газах после электрофильтров находится в пределах 1,5-4,5 г/м³, после циклонов — 0,5-0,7 г/м³. После второй ступени очистки газы направляют на сжигание.

Выделенную из газовой фазы сажу пневмотранспортом передают в цех обработки, где ее отвеивают от посторонних включений, пропускают через микроизмельчители и уплотнители, а затем гранулируют и в виде готовой продукции затаривают в мешки или барабаны.

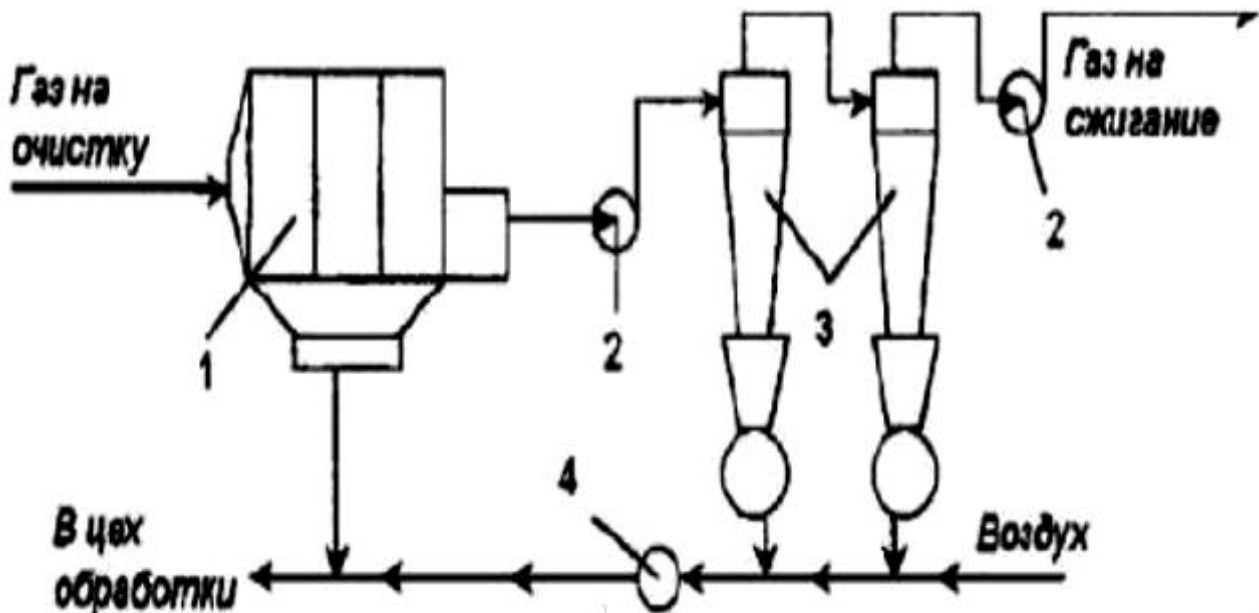


Рис. 16.14. Схема установки рекуперации сажи:

1 — электрофильтр; 2 — дымосос; 3 — циклоны; 4 — вентилятор пневмотранспортера;

Возврат пыли в производство. Возврат является одним из наиболее распространенных и рациональных приемов обеспечения безотходности производства с одновременным увеличением его эффективности и решением природоохранных задач. Технология возврата улавливаемых пылевых материалов в основное производство обычно определяется используемыми способами газоочистки (сухие, мокрые, одно- и двухступенчатые, комбинированные) и целесообразностью введения этих продуктов в определенный аппарат технологической схемы в том или ином агрегатном состоянии.

В целом ряде производственных процессов, сопровождающихся пылеобразованием продуктов на отдельных стадиях, используют простые рекуперационные схемы. Так, при производстве аммиачной селитры и карбамида — многотоннажных продуктов, используемых в основном как удобрения в сельском хозяйстве, образуются пылевоздушные смеси со значительным содержанием этих веществ. Для их улавливания и очистки воздуха перед его выбросом в атмосферу используют различного вида аппараты мокрого поглощения (пенные, полые и другие скрубберы), орошаемые водными растворами извлекаемых компонентов, циркулирующими в системе очистки до достижения определенной концентрации, после чего образующиеся рассолы возвращают в тот или иной аппарат технологической нитки.

Аналогично может быть организована рекуперационная технология пылеулавливания в производстве адипиновой кислоты на стадии ее сушки и в некоторых других процессах.

Подобным же образом — с непосредственным возвратом улавливаемой пыли в виде водного раствора в основное производство — организуют рекуперационные циклы при очистке вентиляционных выбросов в производствах хлорида кальция и ряда других продуктов.

Утилизация пыли, уловленной в одном производстве, в качестве сырья для другого производства. Такой способ также является весьма распространенным приемом использования пылевидных отходов в химической и других отраслях промышленности.

К примеру, сажа, выделенная при очистке технологических и отходящих газов ряда производств, может быть использована для приготовления гранул или брикетов, служащих в качестве котельного топлива.

Следует отметить, что в ряде случаев возможно и целесообразно комплексное использование технологических и аспирационных пылей различных производств с целью получения товарной продукции. К такой группе пылей относятся дисперсные отходы, уловленные в системах очистки аспирационных и технологических выбросов сталеплавильного производства. По своему составу эти пыли представляют собой мелкофракционные остатки минерального сырья и продуктов его переработки. Анализ проб такой пыли показывает, что ее характерной особенностью является полиэлементный состав с высоким содержанием металлов (Fe, Zn, Cd, Cu и др.).

Хранение данного вида отходов в накопителях приводит к потерям ценных компонентов и загрязнению окружающей природной среды. Так, цинк является серьезным источником загрязнения поверхностных и подземных вод, обладая высокой подвижностью в почве.

Несмотря на то, что имеются разработанные технологии выделения цинка и других металлов, в настоящее время утилизации подвергается лишь 1/3 часть образующейся в мире пыли сталеплавильного производства.

16.5. Методы очистки газовых выбросов

Классификация средств очистки газообразных загрязнителей заключается в разделении по применяемым процессам.

Для очистки газовых выбросов от газо- и парообразных токсичных веществ применяют сорбционные (хемосорбция, абсорбция и адсорбция), каталитический и термический способы (рис. 16.15).

Абсорбционный метод. Абсорбция представляет собой процесс поглощения отдельных компонентов газовой смеси жидким растворителем (абсорбентом).

Процесс простого объемного растворения абсорбата в поглотителе называют *физической абсорбцией* (или просто — *абсорбцией*). Процесс, сопровождающийся химической реакцией между поглощаемым компонентом и растворителем, называют *химической абсорбцией* (или *хемосорбцией*). При хемосорбции абсорбируемый компонент образует новые химические соединения в жидкой фазе.



Рис. 16.15. Методы очистки газов с учетом протекания физико-химических процессов

Абсорбент выбирают из условия растворимости в нем газа, подлежащего удалению из газовой смеси. При физической абсорбции наиболее часто в качестве растворителя используется вода (например, при очистке газов от HCl , HF , NH_3 , NO_2), а также органические (масла) и неорганические (NaOH или Ca(OH)_2) растворители, не реагирующие с извлекаемыми компонентами и их водными растворами. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей, органические вещества и водные суспензии различных веществ. Добавки химических реагентов во многих случаях увеличивают эффективность абсорбции благодаря протеканию химических реакций в пленке.

Абсорбенты, применяемые для очистки газовых выбросов, приведены в таблице 16.1.

Абсорбенты, применяемые для очистки отходящих газов

Поглощаемые компоненты	Абсорбенты
Оксиды азота N_2O_3 , NO_2 , NO_5	Вода, водные растворы и суспензии: $NaOH$, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, KOH , K_2CO_3 , $KHCO_3$, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$, $Ba(OH)_2$, $BaCO_3$, NH_4HCO_3
Оксид азота NO	Растворы $FeCl_2$, $FeSO_4$, $Na_2S_2O_3$, $NaHCO_3$, Na_2SO_3 , $NaHSO_3$
Диоксид серы SO_2	Вода, водные растворы: Na_2SO_3 (18-25%-е), NH_4OH (5-15%-е), $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 (15-20%-е), $NaOH$ (15-25%-е), KOH , $(NH_4)_2SO_3$ (20-25%-е), $ZnSO_3$, K_2CO_3 ; суспензии CaO , MgO , $CaCO_3$, ZnO , золы; ксилидин – вода в соотношении 1:1, диметиланилин $C_6H_3(CH_3)_2NH_2$
Сероводород H_2S	Водный раствор $Na_2CO_3 + Na_3AsO_4$ (Na_2HAsO_4); водный раствор As_2O_3 (8-10 г/л) + NH_3 (1,2-1,5 г/л) + $(NH_4)_3AsO_3$ (3,5-6 г/л); моноэтаноламин (10-15%-й раствор); растворы K_3PO_4 (40-50%-е), NH_4OH , K_2CO_3 , Na_2CO_3 , $CaCN_2$, натриевая соль антрахинондисульфокислоты
Оксид углерода CO	Жидкий азот; медно-аммиачные растворы $[Cu(NH_3)]_4xCOCH$
Диоксид углерода CO_2	Водные растворы Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, NH_4OH , этаноламины RNH_2 , R_2NH_4
Хлор Cl	Растворы $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $MgCO_3$, $CaCO_3$, $Na_2S_2O_3$; тетрахлоридметан CCl_4
Хлористый водород HCl	Вода, растворы $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_n$, Na_2CO_3 , K_2CO_3
Соединения фтора HF , SiF_4	Вода, растворы Na_2CO_3 , $NaOH$, $Ca(OH)_2$

Абсорбционной обработке могут быть подвергнуты выбросы, загрязнители которых хорошо растворяются в абсорбенте. Считают, что применять абсорбцию целесообразно, если концентрация данного компонента в газовом потоке составляет более чем 1 %. Если при этом концентрация загрязнителя в выбросах превышает $(1-2) \cdot 10^{-3}$ кг/м³, то технически возможно достичь степени очистки более 90 %.

При абсорбции происходит конвективная диффузия паро- и газообразных компонентов очищаемого газа в жидкие поглотители. Для высокоэффективного изъятия загрязняющего вещества необходимо хорошее перемешивание очищаемого газа с абсорбентом.

Поглощающую жидкость используют для абсорбции один раз или же проводят ее регенерацию, выделяя загрязнитель в чистом виде. Схемы с однократным

использованием поглотителя применяют в тех случаях, когда абсорбция приводит непосредственно к получению готового продукта или полупродукта.

При изменении условий процесса (снижении давления или повышении температуры) процесс становится обратимым и тогда происходит выделение газового компонента из раствора (*десорбция*), что позволяет организовать циклический процесс «абсорбция — десорбция» и многократно использовать без потерь жидкий поглотитель в замкнутой технологической схеме (рис. 16.16). Для подогрева сорбента может использоваться водяной пар.

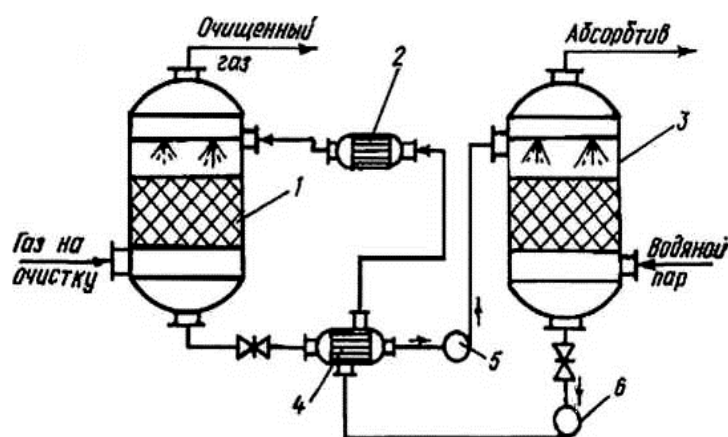


Рис. 16.16. Принципиальная схема абсорбционно-десорбционного процесса: 1 — абсорбер; 2 — холодильник; 3 — десорбер; 4 — теплообменник; 5, 6 — насосы

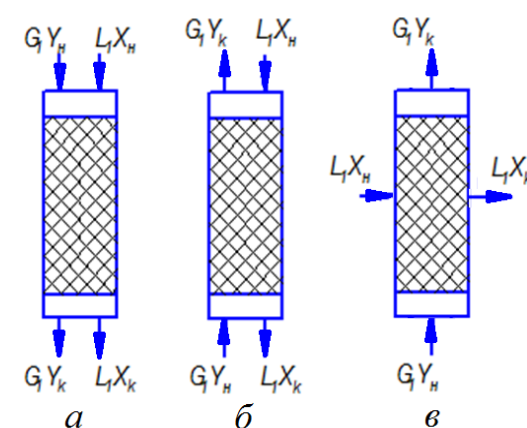


Рис. 16.17. Схемы организации процессов абсорбции: а — прямоточная; б — противоточная; в — с перекрестным током; G, L — потоки газа и жидкости; X, Y — концентрации выделяемого компонента в жидкости и газовом потоке

В настоящее время разработано и опробовано в промышленности большое количество различных методов очистки газов от технических загрязнений: NO_x , SO_2 , H_2S , NH_3 , оксида углерода, различных органических и неорганических веществ.

Для очистки газов от углеводородов этот метод на практике используют значительно реже, что обусловлено, прежде всего, высокой стоимостью абсорбентов.

Эффективность процесса массообмена определяется направлением относительного движения фаз и структурой их потоков. По направлению относительного движения фаз различают: *противоток*, *прямоток* и *перекрестный ток* (рис. 16.17). В процессах санитарной очистки газов путем абсорбции в основном используется противоточная схема движения фаз.

Общими недостатками абсорбционных методов является образование жидких стоков и громоздкость аппаратного оформления.

Адсорбционный метод. Адсорбционный метод очистки основан на поглощении посредством диффузии газообразных и парообразных примесей твердыми пористыми телами с развитой поверхностью. Поглощаемые молекулы загрязнителя удерживаются на поверхности твердых тел (адсорбентов) силами межмолекулярного взаимодействия Ван-дер-Ваальса (физическая адсорбция) или за счет ненасыщенных валентных сил поверхностного слоя, т. е. химическими силами (хемосорбция). При этом могут образовываться поверхностные химические соединения.

Процессы адсорбции являются избирательными и обратимыми. Поглощенное вещество в некоторых случаях может быть выделено из поглотителя путем *десорбции*.

Каждый поглотитель обладает способностью поглощать лишь определенные вещества и не поглощать другие. В отличие от абсорбционных методов адсорбция позволяет проводить очистку газов при повышенных температурах и невысокой концентрации вредных компонентов. При адсорбции возможны большие скорости поглощения и полное извлечение компонентов из газов, т. е. возможно осуществить глубокую очистку газов. Адсорбционный метод является одним из самых распространенных средств обезвреживания загрязнений.

Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные (пропитанные реагентами или катализаторами) сорбенты. Активированный уголь (АУ) нейтрален по отношению к полярным и неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Он менее селективен, чем многие другие сорбенты, и является одним из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках. Активированный уголь используют, в частности, для очистки газов от неприятно пахнущих веществ, рекуперации растворителей и т. д.

Следует отметить эффективность очистки на активированных углях сотовой (ячеистой) структуры, обладающих улучшенными гидравлическими характеристиками. Такие сорбенты могут быть получены нанесением определенных композиций с порошком АУ на вспененную синтетическую смолу или вспениванием смеси заданного состава, содержащей АУ, а также выжиганием наполнителя из смеси, включающей АУ вместе со связующим.

Еще одним направлением усовершенствования адсорбционных методов очистки является разработка новых модификаций адсорбентов — силикагелей и цеолитов, обладающих повышенной термической и механической прочностью, более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам в силу собственного

неоднородного распределения электрического потенциала. Однако гидрофильность этих адсорбентов затрудняет их применение.

В последние годы все более широкое применение получают волокнистые сорбционно-активные материалы. Мало отличаясь от гранулированных адсорбентов по своим емкостным характеристикам, они значительно превосходят их по ряду других показателей. Например, их отличает более высокая химическая и термическая стойкость, однородность пористой структуры, значительный объем микропор и более высокий коэффициент массопередачи (в 10-100 раз больше, чем у сорбционных материалов).

Адсорбцию применяют для улавливания из технологических газов и вентиляционных выбросов сернистых соединений, углеводов, хлора, окислов азота, паров органических растворителей, а также при очистке сточных вод от растворенных примесей.

Наибольшее распространение получили адсорбционные методы извлечения из отходящих газов растворителей, в том числе хлорорганических. Это связано с высокой эффективностью процесса очистки газов (95-99 %), отсутствием химических реакций образования вторичных загрязнителей, быстрой окупаемостью рекуперационных установок (обычно 2-3 года) благодаря повторному использованию растворителей и длительным (до 10 лет) сроком службы АУ.

Можно выделить следующие основные способы осуществления процессов адсорбционной очистки:

- после адсорбции проводят десорбцию и извлекают уловленные компоненты для повторного использования. Таким способом улавливают различные растворители, сероуглерод в производстве искусственных волокон и ряд других примесей;

- после адсорбции примеси не утилизируют, а подвергают термическому или каталитическому дожиганию. Этот способ применяют для очистки отходящих газов химико-фармацевтических и лакокрасочных предприятий, пищевой промышленности и ряда других производств. Данная разновидность адсорбционной очистки экономически оправдана при низких концентрациях загрязняющих веществ и (или) многокомпонентных загрязнителей;

- после очистки адсорбент не регенерируют, а подвергают, например, захоронению или сжиганию вместе с хемосорбированным загрязнителем. Этот способ пригоден при использовании дешевых адсорбентов.

Для проведения процессов адсорбции разработана разнообразная аппаратура. Наиболее распространены адсорберы с неподвижным слоем гранулированного или

сотового адсорбента. Непрерывность процессов адсорбции и регенерации адсорбента обеспечивается применением аппаратов с кипящим слоем.

Преимущество процесса адсорбции — высокая степень очистки, а к числу недостатков можно отнести необходимость работы исключительно с «чистыми» (сухими и без пыли) газами и небольшую скорость.

Метод хемосорбции. Основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями, в результате чего образуются малолетучие и малорастворимые соединения. Хемосорбцию рационально применять при низких концентрациях загрязнителей, содержащихся в очищаемых газовых смесях. Хемосорбция заключается в промывке очищаемого газа растворами, вступающими в химические реакции с содержащимися в газе отдельными газообразными компонентами, что позволяет извлечь их или обезвредить. Например, очистка газов от оксидов азота проводится с помощью известкового раствора. Для очистки газов от сероводорода применяют мышьяково-щелочной раствор. Очистку высокосернистых газообразных продуктов сгорания энергетического топлива проводят путем пропуска дыма через морскую воду¹. Степень очистки газа достигает при этом 95 %.

Каталитический способ очистки является сложным термохимическим процессом взаимодействия вредных компонентов с веществом, вводимым в очищаемую газовую среду в присутствии катализатора. Процесс катализа протекает при 200-300 °С.

Каталитический способ широко используется для очистки и утилизации особо вредных промышленных выбросов.

Среди катализаторов условно различают:

- цельнометаллические, представляющие собой металлы платиновой группы или благородные металлы, нанесенные на ленты, сетки, спирали или листы из нержавеющей стали;
- смешанные, включающие металлы платиновой группы и оксиды благородных металлов, нанесенные на оксид алюминия, нержавеющую сталь или другие металлы;
- керамические, состоящие из металлов платиновой группы или оксидов благородных металлов, нанесенных на керамическую основу в виде сот или решеток;
- насыпные, приготовляемые в виде гранул или таблеток различной формы из оксида алюминия с нанесенными на него металлами платиновой группы или оксидами благородных металлов, а также в виде зерен оксидов благородных металлов.

Каталитические методы газоочистки отличаются универсальностью. С их помощью можно освободить газы от оксидов серы и азота, различных органических

соединений, монооксида углерода и других токсичных примесей. Каталитические методы позволяют преобразовывать вредные примеси в безвредные, менее вредные и даже полезные. Они дают возможность перерабатывать многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями вредных примесей, добиваться высоких степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнителей.

Основным направлением развития термokatалитических методов является создание пригодных для длительной эксплуатации дешевых катализаторов, эффективно работающих при низких температурах и устойчивых к различным ядам, а также разработка энергосберегающих технологических процессов с малыми капитальными затратами на оборудование.

В качестве эффективных катализаторов, находящих применение на практике, служат самые различные вещества — от минералов, которые используются почти без предварительной обработки, и простых массивных металлов (платина, палладий, никель, хром, медь) до сложных соединений заданного состава и строения. Обычно каталитическую активность проявляют твердые вещества с ионными или металлическими связями, обладающие сильными межатомными полями. Одно из основных требований, предъявляемых к катализатору — устойчивость его структуры в условиях реакции. Например, металлы не должны в процессе реакции превращаться в неактивные соединения.

Современные катализаторы обезвреживания характеризуются высокой активностью и селективностью, механической прочностью и устойчивостью к действию ядов и температур. Промышленные катализаторы, изготавливаемые в виде колец и блоков сотовой структуры, обладают малым гидродинамическим сопротивлением и высокой внешней удельной поверхностью, достигающей $1000 \text{ м}^2/\text{г}$.

Наибольшее распространение получили каталитические методы обезвреживания отходящих газов в неподвижном слое катализатора. Можно выделить два принципиально различных метода осуществления процесса газоочистки: в стационарном и в искусственно создаваемом нестационарном режиме.

Для концентраций ниже $1 \text{ г}/\text{м}^3$ и больших объемов очищаемых газов использование термokatалитического метода требует высоких энергозатрат, а также большого количества катализатора.

Термическое дожигание. Дожигание представляет собой метод обезвреживания газов путем термического окисления различных вредных веществ, главным образом органических, в практически безвредные или менее вредные, преимущественно CO_2 и H_2O . Обычные температуры дожигания для большинства соединений лежат в интервале

750-1200 °С. Применение термических методов дожигания позволяет достичь 99%-ной очистки газов.

При рассмотрении возможности и целесообразности термического обезвреживания необходимо учитывать характер образующихся продуктов горения. Продукты сжигания газов, содержащих соединения серы, галогенов, фосфора, могут превосходить по токсичности исходный газовый выброс. В этом случае необходима дополнительная очистка. Термическое дожигание весьма эффективно при обезвреживании газов, содержащих токсичные вещества в виде твердых включений органического происхождения (сажа, частицы углерода, древесная пыль и т. д.).

Важнейшими факторами, определяющими целесообразность термического обезвреживания, являются затраты энергии (топлива) для обеспечения высоких температур в зоне реакции, калорийность обезвреживаемых примесей, возможность предварительного подогрева очищаемых газов. Повышение концентрации дожигаемых примесей ведет к значительному снижению расхода топлива. В отдельных случаях процесс может протекать в автотермическом режиме, т. е. рабочий режим поддерживается только за счет тепла реакции глубокого окисления вредных примесей и предварительного подогрева исходной смеси отходящими обезвреженными газами.

Термические методы широко применяются для очистки отходящих газов от токсичных горючих соединений. Разработанные в последние годы установки дожигания отличаются компактностью и низкими энергозатратами. Применение термических методов эффективно для дожигания пыли многокомпонентных и запыленных отходящих газов.

Озонный метод. Озонный метод применяют для обезвреживания дымовых газов от SO_2 , NO_x и дезодорации газовых выбросов промышленных предприятий. Введение озона ускоряет реакции окисления NO до NO_2 и SO_2 до SO_3 . После образования NO_2 и SO_3 в дымовые газы вводят аммиак и выделяют смесь образовавшихся комплексных удобрений (сульфата и нитрата аммония). Время контакта газа с озоном, необходимое для очистки от SO_2 (80-90 %) и NO (70-80 %), составляет 0,4-0,9 секунды. Энергозатраты на очистку газов озонным методом оценивают в 4-4,5 % от эквивалентной мощности энергоблока, что является, по-видимому, основной причиной, сдерживающей промышленное применение данного метода.

Применение озона для дезодорации газовых выбросов основано на окислительном разложении дурно пахнущих веществ. В одной группе методов озон вводят непосредственно в очищаемые газы, в другой газы промывают предварительно озонированной водой. Применяют также последующее пропускание озонированного газа через слой активированного угля или подачу его на катализатор. При вводе озона и

последующем пропускании газа через катализатор температура превращения таких веществ, как амины, ацетальдегид, сероводород и др., понижается до 60-80 °С. В качестве катализатора используют как PtAlO₃, так и оксиды меди, кобальта, железа на носителе. Основное применение озонные методы дезодорации находят при очистке газов, которые выделяются при переработке сырья животного происхождения на мясо- и жиροкомбинатах и в быту.

Биохимический метод. Биохимический метод очистки основан на способности микромикроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. При частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться для выработки новых ферментов, и степень разрушения вредных примесей становится неполной. Поэтому биохимические системы более всего пригодны для очистки газов постоянного состава.

Биохимическую газоочистку проводят либо в биофильтрах, либо в биоскрубберах. В биофильтрах очищаемый газ пропускают через слой насадки, орошаемый водой, которая создает влажность, достаточную для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов. Поверхность насадки покрыта биологически активной биопленкой (БП) из микроорганизмов.

Микроорганизмы БП в процессе своей жизнедеятельности поглощают и разрушают содержащиеся в газовой среде вещества, в результате чего происходит рост их массы. Эффективность очистки в значительной мере определяется массопереносом из газовой фазы в БП и равномерным распределением газа в слое насадки. Такого рода фильтры используют, например, для дезодорации воздуха. В этом случае очищаемый газовый поток фильтруется в условиях прямотока с орошаемой жидкостью, содержащей питательные вещества. После фильтра жидкость поступает в отстойники и далее вновь подается на орошение.

Биологическая очистка находит применение для обезвреживания органических растворителей, содержащихся в удаляемом вентиляционном воздухе производства пластических масс, процесса нанесения лакокрасочных покрытий, типографий; для очистки отходящих газов химической и нефтяной промышленности; для очистки воздуха в табачной, парфюмерной, фармацевтической и др. отраслях; для борьбы с неприятными запахами органических веществ на мясокомбинатах и ферментных фабриках; для очистки сульфидсодержащих газов из канализационных камер.

К недостаткам биохимических методов следует отнести:

- низкую скорость биохимических реакций, что увеличивает габариты оборудования;

- специфичность (высокую избирательность) штаммов микроорганизмов, что затрудняет переработку многокомпонентных смесей;
- трудоемкость переработки смесей переменного состава.

Биологический метод очистки может быть реализован в аппаратах или устройствах трех типов;

- в фильтрах со слоем увлажненной почвы или компоста, через который пропускается очищаемый газ при нагрузке до 100 мг/(кг ч);
- в биофильтрах с инертной насадкой, на поверхности которой искусственно выращивается биопленка активного ила (суспензия, содержащая 5-10 мг/л активного ила);
- в аппаратах барботажного типа (скрубберах) с водной суспензией микроводорослей хлореллы или активного ила.

Содержащиеся в очищаемых газах вредные вещества улавливаются слоем насадки или абсорбентом и расщепляются микроорганизмами активного ила.

При биологической очистке необходимо выбрать оптимальный вид микроорганизмов и условия их обитания с учетом вида очищаемой среды и содержащихся в ней веществ. В качестве среды обитания микроорганизмов в биофильтре (насадке) применяют компост, землю, торф, опилки, кору деревьев, овощные очистки, пластмассовые элементы и другие материалы природного происхождения, содержащие минеральные вещества, необходимые для питания микроорганизмов.

Активность микроорганизмов зависит от температуры, влажности, кислотности среды, насыщения кислородом, наличия веществ для питания микроорганизмов в очищаемом воздухе. При этом оптимальное содержание влаги в фильтрующем слое составляет от 40 до 60 % от веса материала носителя. Фильтрующий слой может также содержать различные добавки, улучшающие его пористость (пористые стеклянные, фарфоровые или полиэтиленовые гранулы), сорбционные свойства (активированный уголь) или обеспечивающие поддержание постоянства рН в фильтрующем слое (известняк, мел).

Устройство биофильтрующей установки. Установка (рис. 16.18) состоит из модуля биофильтра, накопительного бака, электронасоса и блока управления. В состав модуля биофильтра входят: рабочий блок 1 с ярусами носителя биомассы 2; форсунками 3 для орошения носителя биомассы; емкость 4 питательного раствора; верхняя крышка 5 с выходным патрубком 6; электронасос 7.

Основным элементом биофильтра является фильтрующий слой, обеспечивающий сорбцию загрязнителей очищаемой воздуха и последующую деструкцию их микроорганизмами, находящимися в этом слое.

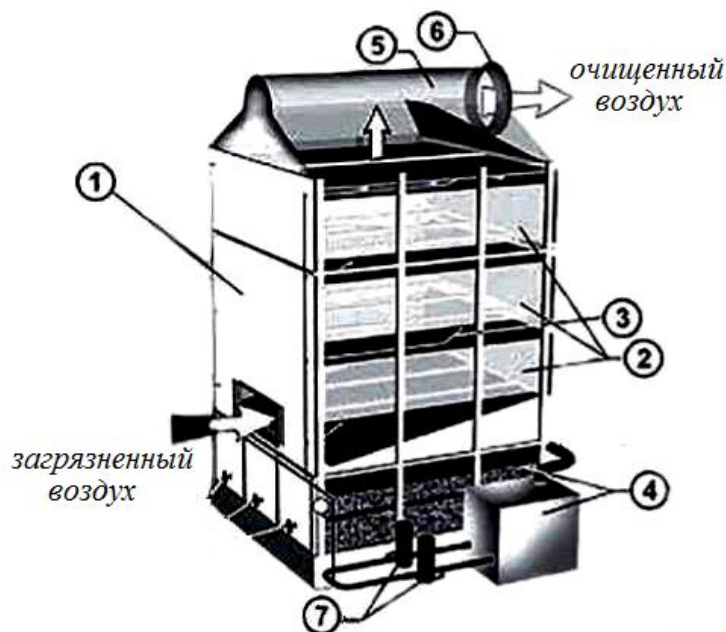


Рис. 16.18. Модуль биофильтра для очистки воздуха от органических загрязнителей (пояснении в тексте)

Выбросы загрязненного воздуха попадают в рабочую зону I биофильтра и увлажняются питательным раствором, разбрызгиваемым в объеме рабочей зоны. Поток воздуха проходит последовательно ярусы 2 носителей бактерий, орошаемых питательным раствором из форсунок 3. На поверхности носителя происходит биодеструкция органических загрязнителей. Из рабочей зоны очищенный воздух поступает в выходной патрубок 5, который присоединяется к воздуховоду выброса очищенного воздуха в атмосферу.

Питательный раствор, стекая по лоткам, попадает в накопительный бак 4, из которого насосом 7 подается в форсунки системы увлажнения.

При необходимости загрязненный воздух подогревается насыщенным водяным паром или в электрическом (паровом) калорифере.

Суммарная концентрация углеводородов в очищаемых газах должна находиться в пределах от 400 до 7000 мг/м³. При запыленности очищаемых выбросов более 5 мг/м³ необходима установка предочистки от пыли. Установка эксплуатируется при температуре воздуха в помещении от +18 до +35 °С, относительной влажности до 60 %. Температура рабочей зоны — +25-35 °С, оптимальное значение — 28 °С.

В таблице 16.2 приведены данные по эффективности очистки газовых выбросов с помощью биофильтра.

Эффективность биохимической очистки газов для различных органических загрязнений

Загрязнения	Степень очистки, %	Загрязнения	Степень очистки, %
Ацетон	80	Формальдегид	85
Аммиак	85	Углеводороды	75
Ацетальдегид	70	Изопропанол	70
Бутанол	85	Меркаптан	80
Бутилацетат	85	Метанол	85
Ксилол	70	Фенол	85
Этанол	85	Стирол	85
Этилбензол	80	Толуол	75
Этилацетат	85	Уайт-спирит	80

Принцип действия биоскруббера отличается тем, что абсорбция примесей, подлежащих удалению из очищаемого воздуха, и их разложение с участием микроорганизмов осуществляются последовательно в различных аппаратах. Так, в абсорбере происходит переход загрязняющих примесей и кислорода из воздуха в воду. Воздух из абсорбера выходит очищенным, а загрязненная вода поступает в аэротенк, где происходит ее микробиологическая регенерация. Прошедшая стадию биологической очистки вода подвергается фильтрации для отделения основной массы клеток и вновь подается в абсорбер.

Плазмохимический метод. Плазмохимический метод основан на пропускании воздушной смеси с вредными примесями через высоковольтный разряд. Используют, как правило, озонаторы на основе барьерных, коронных или скользящих разрядов²⁵, либо импульсные высокочастотные разряды на электрофильтрах. Проходящий низкотемпературную плазму' воздух с примесями подвергается бомбардировке электронами и ионами. В результате в газовой среде образуется атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбужденные молекулы и атомы, которые и участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. При применении данного метода основной задачей является удаление SO_2 , NO_x и органических соединений. Использование аммиака при нейтрализации SO_2 и NO_x дает на выходе после реактора порошкообразные удобрения $(NH_4)_2SO_4$ и NH_4NH_3 .

Недостатками данного метода являются:

- недостаточно полное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа в

²⁵ Скользящий разряд разновидность импульсного искрового разряда по поверхности диэлектрика.

Коронный разряд – это самостоятельный газовый разряд, возникающий в резко неоднородных полях у электродов с большой кривизной поверхности.

Барьерный разряд возникает в газе под действием переменного напряжения, приложенного к проводящим электродам, с условием, что по крайней мере один электрод покрыт диэлектриком

- случае окисления органических компонентов при приемлемых энергиях разряда;
- наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически либо каталитически;
- существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озонаторов с применением барьерного разряда.

Плазмокаталитический метод. Это сравнительно новый способ очистки, который объединяет два известных метода — плазмохимический и каталитический. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая — это плазмохимический реактор (озонатор), вторая — каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до CO_2 и H_2O . Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом.

Преимуществом этого метода является использование каталитических реакций при температурах, более низких ($40\text{-}100\text{ }^\circ\text{C}$), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до $0,5\text{ г/м}^3$).

Недостатками данного метода являются:

- большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации $3\text{-}5\text{ мг/м}^3$;
- при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1 г/м^3) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термокаталитическим методом

Фотокаталитический метод. Сейчас широко изучается и развивается фотокаталитический метод окисления органических соединений. Схема работы фотокаталитической установки показана на рис. 16.19.

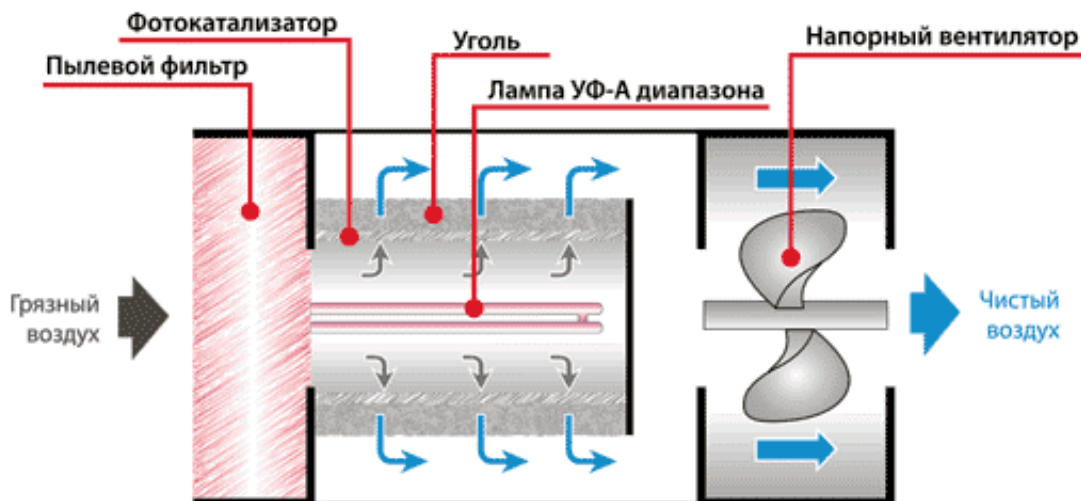


Рис. 16.19. Схема работы фотокаталитической установки

Сущность метода состоит в окислении веществ на поверхности катализатора под действием мягкого ультрафиолетового излучения диапазона «А» (с длиной волны более 300 нм). При этом токсичные примеси не накапливаются на фильтре, а разрушаются до безвредных компонентов воздуха, двуокиси углерода, воды и азота. Любой фотокаталитический очиститель воздуха включает в себя пористый носитель с нанесенным TiO_2 - фотокатализатором, который облучается светом и через который продувается воздух.

Вредные органические и неорганические загрязнители, бактерии и вирусы, адсорбируются на поверхности фотокатализатора TiO_2 , нанесенного на пористый носитель (фотокаталитический фильтр). Под действием света от УФ лампы, диапазона «А», их органические и неорганические компоненты, окисляются до углекислого газа и воды. Фактически фотокатализ дает уникальную возможность глубоко окислять органические соединения в мягких условиях.

Недостатком метода является засорение катализатора продуктами реакции. Для решения этой задачи используют введение в очищаемую смесь озона, однако данная технология применима для ограниченного состава органических соединений и при небольших концентрациях.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте источники образования пылевых и газовых выбросов на производственных предприятиях. Дайте классификацию пылегазовых выбросов.
2. Какими параметрами характеризуются аэрозоли?
3. Назовите основные газообразные загрязнители.

4. Какие Вы знаете основные методы очистки выбросов? От чего зависит выбор метода и аппарата очистки?
5. В чем заключается мокрая пылеочистка? Достоинства и недостатки.
6. Какие компоненты могут быть рекуперированы из шлама? Какие методы применяются?
7. Дайте классификацию методов улавливания газообразных загрязнителей.
8. Охарактеризуйте сорбционные, фотокаталитические, биохимические, плазмохимические методы очистки газов.

ГЛАВА 17. ЭМИССИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПЫЛИ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

17.1. Эмиссия вредных веществ и пыли от автомобильного транспорта

Если в начале 70-х годов доля загрязнений, вносимых автомобильным транспортом в атмосферный воздух, составляла 10 - 13 %, то в настоящее время эта величина достигла 50 -60 % и продолжает расти. В крупных городах доля выбросов от автотранспорта соизмерима с выбросами от промышленных предприятий. В городах с менее развитой промышленностью вклад автотранспорта в суммарное загрязнение атмосферного воздуха возрастает и в отдельных случаях достигает 80...90 % (например, в г. Ташкенте).

Отработанные газы автомобильных двигателей содержит около 200 веществ, большинство из которых токсичны. В выбросах карбюраторных двигателей основная доля вредных продуктов приходится на оксид углерода, углеводороды и окислы азота, а в дизельных - на оксиды азота и сажу.

Главной причиной неблагоприятного воздействия автотранспорта на окружающую природную среду остается низкий технический уровень эксплуатируемого подвижного состава и отсутствия системы нейтрализации отработавших газов.

Воздействие отработанных газов (ОГ) автомобилей на здоровье населения.
Выбросы двигателей – это газообразные вещества с небольшим количеством твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии. Твердые частицы – это продукты дегидрирования топлива, металлы, а также другие вещества, которые содержатся в топливе и не могут сгореть.

Многообразие соединений выхлопа ДВС можно свести к нескольким группам, каждая из которых объединяет вещества, в той или иной мере сходные по характеру воздействия на организм человека или родственные по химической структуре и свойствам.

Нетоксичные вещества (N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O , H_2) вошли в первую группу.

Ко второй группе отнесен оксид углерода, присутствие которого в больших количествах (до 12 %) характерно для ОГ бензиновых двигателей (БД) при работе на богатых топливовоздушных смесях.

Третью группу образуют оксиды азота: оксид (NO) и диоксид (NO_2). Из общего количества оксидов азота в ОГ БД содержится 98 - 99 % NO и только 1-2 % NO_2 , а дизельных двигателей соответственно 90 и 10%.

Четвертая, самая многочисленная группа, включает углеводороды, среди которых обнаружены представители всех гомологических рядов: алканы, алкены, алкадиены, циклические и в том числе ароматические углеводороды, среди которых немало канцерогенов.

Пятую группу составляют альдегиды, причем на долю формальдегида приходится 60%, алифатических альдегидов 32 %, ароматических 3 %.

К шестой группе отнесены частицы, основная часть которых сажа – твердые углеродные частицы, образующиеся в пламени.

Из общего количества органических компонентов, содержащихся в ОГ ДВС в объеме более 1 %, на долю предельных углеводородов приходится 32 %, непредельных 27,2 %, ароматических 4 %, альдегидов, кетонов 2,2 %. Следует отметить, что в зависимости от качества топлива состав ОГ ДВС дополняется весьма токсичными соединениями, такими, как диоксид серы и соединения свинца (при использовании тетраэтилсвинца (ТЭС) в качестве антидетонатора).

До настоящего времени около 75 % выпускаемых в Узбекистане бензинов являются этилированными и содержат от 0,17 до 0,37 г/л свинца. В выбросах дизельного транспорта отсутствует свинец, однако содержание в дизельном топливе некоторого количества серы обуславливает в ОГ наличие 0,003...0,05 % сернистого ангидрида. Таким образом, автотранспорт является источником эмиссии в атмосферу сложной смеси химических соединений, состав которых зависит не только от вида топлива, типа двигателя и условий его эксплуатации, но и от жесткости контроля выбросов. Последнее особенно стимулирует мероприятия по сокращению или обезвреживанию токсичных компонентов ОГ.

Попадая в атмосферу, компоненты ОГ ДВС, с одной стороны, смешиваются с имеющимися в воздухе загрязнителями, с другой претерпевают ряд сложных

превращений, приводящих к образованию новых соединений. Одновременно идут процессы разбавления и удаления загрязнителей из атмосферного воздуха путем мокрого и сухого высаживания на землю. В связи с огромным многообразием химических превращений загрязнителей в атмосферном воздухе состав их чрезвычайно динамичен.

Риск вреда, наносимого организму токсическим соединением, зависит от трех факторов: физических и химических свойств соединения, дозы, взаимодействующей с тканями органа-мишени (органа, которому токсикантом причинен вред), и времени воздействия, а также биологического отклика организма на воздействие токсиканта.

Кроме газовых выбросов автомобильный транспорт загрязняет окружающую среду пылью, которая образуется в результате износа движущихся частей автомобиля, а также взаимодействия автомобиля и дороги. Исследования показали, что образующийся пылевой аэрозоль адсорбирует на себе другие вещества - токсиканты и способен перемещаться на значительные расстояния от места образования. Поэтому пыль должна рассматриваться в качестве сложной смеси, в которой содержатся одновременно примеси третьего, второго и даже первого класса опасности.

Автотранспорт является дополнительным источником загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами PM10 и PM2,5. Концентрации составляют до 0,7 ПДКм.р по PM10 и до 0,4 ПДКм.р по PM2,5.

PM (particulate matters) – твердые пылевые частицы. В зависимости от диаметра (10, 5 и 2,5 мкм) подразделяются на категории PM10, PM5 и PM2,5.

ПДКмр – максимальная разовая концентрация.

Частицы PM представляют особую опасность для здоровья человека, что подтверждается многочисленными исследованиями ученых России, Европы и США, а также данными Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Кратковременная (в течение часов или дней) или долговременная (в течение месяцев или лет) экспозиция мелкодисперсными частицами обуславливает респираторную и сердечно-сосудистую заболеваемость, включая обострение астмы и респираторных симптомов и рост числа случаев смерти, госпитализации; смертность от сердечно-сосудистых заболеваний. Пылевой фактор является причиной онкологических заболеваний дыхательной системы человека. Европейскими учеными доказано, что загрязнение воздуха взвешенными частицами PM10 от движения автотранспорта вызвало увеличение на 6 % общей смертности различных групп населения Австрии, Швейцарии и Франции или дополнительно около 40 000 смертей в год, а также зафиксировано более 25 000 случаев хронического бронхита у взрослых, дополнительно 290 000 случаев бронхита у детей и 500 000 приступов астмы.

17.2. Пути снижения загрязнения атмосферы транспортными выбросами

Загрязнение окружающей среды выбросами автомобильных двигателей представляет в последние годы все большую опасность из-за возросшей угрозы здоровью человека и окружающей среде. В связи со значительным увеличением автомобильного парка постоянно возрастает его роль в загрязнении атмосферного воздуха.

Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:

- применение новых видов автотранспорта, минимально загрязняющих окружающую среду (например, электромобили);
- рациональная организация и управление транспортными потоками;
- использование более качественных или экологически чистых видов топлива (например, газ);
- применение совершенных выпускных систем – катализаторов топлива.

Все мероприятия по снижению выбросов автотранспортом подразделяют на технологические, санитарно-технические, планировочные, административные. К технологическим мероприятиям относятся: замена топлива, замена двигателя, совершенствование рабочего процесса двигателя, современное техническое обслуживание. К санитарно-техническим: рециркуляция отработавших газов, нейтрализация ОГ. Планировочные включают в себя организацию пересечения улиц, организацию подземных(надземных) пешеходных переходов, а также озеленение магистралей и улиц. Административными являются мероприятия по установлению нормативов качества топлива и допускаемых выбросов, выводу из города транзитного транспорта, складских баз и терминалов, выделению полос движения общественного автотранспорта и скоростных дорог безостановочного движения.

Можно выделить два основных направления повышения экологичности автомобильного транспорта. Первое связано с техническим совершенствованием двигателей внутреннего сгорания и организацией рационального дорожного движения, а второе – с разработкой гибридных транспортных средств, электромобилей, оснащённых инерционными накопителями.

Техническое совершенствование ДВС двигателей идёт по следующим направлениям: экономия топлива, введение присадок в топливо, использование комбинированных и новых типов топлива, очистка отработавших газов.

Повышение экологических показателей автомобиля возможно за счет проведения комплекса мероприятий по совершенствованию его конструкции и режима

эксплуатации. К улучшению экологических показателей автомобиля приводят: повышение его экономичности; замена бензиновых ДВС на дизельные; перевод ДВС на использование альтернативных видов топлива (сжатый или сжиженный газ, этанол, метанол, водород и др.); применение нейтрализаторов отработавших газов ДВС; совершенствование режима работы ДВС и технического обслуживания автомобиля.

Известны и применяются ряд методов снижения токсичности выхлопных газов. Среди них: работа автомобиля в условиях, когда двигатель выделяет наименьшее количество токсичных веществ (уменьшение торможений, равномерное движение с определенной скоростью и т. д.); применение специальных присадок к топливу, увеличивающих полноту его сгорания и уменьшающих выброс СО (спирты, другие соединения); пламенное дожигание некоторых вредных компонентов.

В карбюраторных двигателях соотношения между воздухом и топливом влияет на содержание углеводородов и оксида углерода в выхлопе. Так, например, выбросы увеличиваются при увеличении обогащения смеси. Содержание СО увеличивается из-за неполного сгорания, вызванного недостатком кислорода в смеси. Увеличение содержания углеводородов происходит в первую очередь из-за увеличения адсорбции топлива и усиления механизма неполного сгорания топлива. Бедные смеси создают более низкие концентрации C_nH_m и СО в выбросе в результате их более полного сгорания.

Для заметного снижения вредных выбросов необходимо сократить потребление бензина с 8 литров на 100 км пробега до 2-3 литров. Это потребует совершенствования устройства двигателя и качества топлива; перехода на неэтилированный бензин; применения каталитического дожигания для уменьшения выброса СО; внедрения электронной системы управления процессами горения топлива и других мер.

Экологическими преимуществами по сравнению с бензиновыми ДВС обладают двигатели, работающие на альтернативных видах топлива. Общее представление о снижении токсичности ДВС при переходе на альтернативное топливо можно получить из данных, приведенных в таблице 17.1.

Таблица 17.1

Токсичность выбросов ДВС на различных топливах

Топливо	Выбросы, %	
	СО	NO _x
Бензин	100	100
Природный газ	60	74
Метанол	50	55

Следующей самостоятельной задачей является регулировка двигателей. Известно, что хорошо отрегулированный двигатель на 30...40% улучшает характеристики сгорания топлива, что приводит к сокращению выбросов вредных веществ. Регулировка двигателей выполняется в процессе специализированных работ в стационарных условиях.

Исходя из изложенного, следует подчеркнуть, что суть экологической безопасности автотранспорта - в экологически безопасном топливе, высоком КПД его использования на всех режимах работы двигателя, качестве дорожного покрытия, опыте водителя и оптимальном регулировании дорожного движения.

Важную роль в системе снижения вредных выбросов играют нейтрализаторы. В комплексе с бензином с улучшенными экологическими характеристиками, системами диагностики и регулировки двигателей, нейтрализаторы завершают набор необходимых технических систем экологической безопасности автотранспортных средств.

К другому важному аспекту (с эколого-экономической точки зрения) рассматриваемой проблемы относится переработка отходов автотранспортных средств, так как, нанося ущерб окружающей среде, они одновременно являются ценным вторичным продуктом.

Многие отходы, образующиеся на предприятиях транспортного комплекса, представляют собой вторичные сырьевые ресурсы: металлоотходы, отработанные нефтепродукты, отходы красок и шлаки.

В комплексе технологических мер по снижению вредных выбросов от автотранспорта важное место занимает разработка технологий глубокой очистки бензина и дизельного топлива от серы и некоторых тяжёлых металлов, в частности ванадия, непосредственно на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности.

Снижение токсичности выбросов может быть достигнуто уменьшением содержания соединений свинца в бензине без ухудшения его энергетических качеств.

17.3. Обезвреживание и утилизация выбросов автотранспорта

Значительное снижение токсичности ДВС достигается при использовании нейтрализаторов отработавших газов (ОГ). Известны жидкостные, каталитические, термические и комбинированные нейтрализаторы.

Нейтрализатор – это дополнительное устройство, которое вводится в выпускную систему двигателя для снижения токсичности ОГ. Жидкостные системы комбинированной нейтрализации отработавших газов применяются на большегрузных автомобилях (например, БелАЗ-540, армейских большегрузных автомобилях) для

каталитической очистки ОГ ДВС от оксида углерода. Принцип действия жидкостных нейтрализаторов (рис. 17.1) основан на растворении или химическом взаимодействии токсичных компонентов ОГ при пропускании их через жидкость определенного состава — воду, водный раствор сульфита натрия, водный раствор двууглекислой соды.

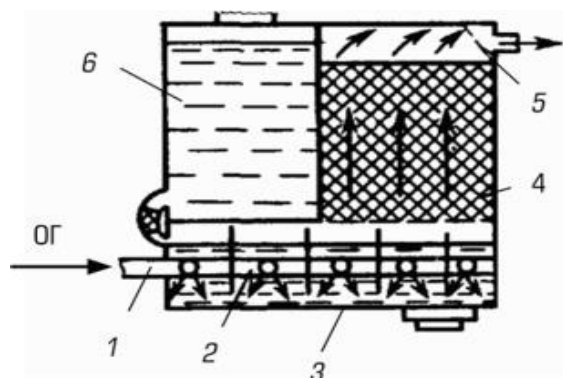


Рис. 17.1. Схема жидкостного нейтрализатора: 1 — труба для подачи отработавших газов; 2 — коллектор; 3 — бак с рабочей жидкостью; 4 — фильтр; 5 — сепаратор; 6 — дополнительный бак

Пропускание отработавших газов дизелей через воду приводит к уменьшению запаха, альдегиды поглощаются с эффективностью 0,5, а эффективность очистки от сажи достигает 0,6-0,8. При этом несколько уменьшается содержание бенз(а)пирена в отработавших газах дизелей. При снижении температуры процесс очистки идет интенсивнее. Средние значения концентраций вредных компонентов отработавших газов до и после жидкостного нейтрализатора приведены в табл. 17.2

Табл. 17.2.

Показатели очистки в жидкостных нейтрализаторах

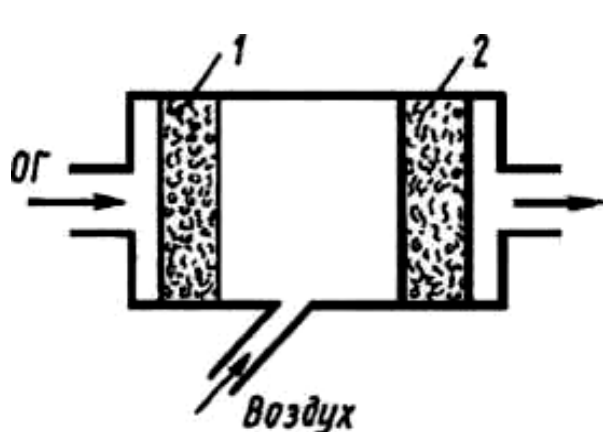
Вещество	Концентрация, объемные доли, %		Степень очистки, %
	до нейтрализации	после нейтрализации	
СО	0,06	0,06	0
NO _x	0,002	0,001	50
Альдегиды	0,0144	0,003	98
SO ₂	0,008	0	100

При расчете жидкостного нейтрализатора определяют его основные размеры и необходимое количество раствора для работы в течение определенного времени. К недостаткам жидкостных нейтрализаторов относятся сложности эксплуатации транспортных средств при отрицательных температурах окружающей среды, так как возможно замерзание раствора при неработающем двигателе. Жидкостная нейтрализация сложна в эксплуатации: требуется ежедневное удаление и утилизация отработавшей жидкости и шлама, промывка системы и заполнение свежей жидкостью.

Наиболее эффективным и перспективным средством уменьшения вредности выхлопа автомобилей является каталитическая нейтрализация. Каталитические реакторы устанавливаются в выхлопной системе, они используются для удаления не только оксида углерода СО и углеводородов C_nH_m, но и оксидов азота NO_x.

Каталитическая нейтрализация отработавших газов ДВС на поверхности твердого катализатора происходит за счет химических превращений (реакций окисления и восстановления), в результате которых образуются безвредные или менее вредные для окружающей среды и здоровья человека соединения. Наиболее широко для очистки отработавших газов ДВС используют катализаторы на основе благородных металлов (платины, палладия, рутения, родия и др.). Современный каталитический дожигатель обеспечивает очистку выхлопа от оксида углерода на 98 %. В дожигателе должна поддерживаться температура 200 °С. Это достигается за счет теплоты, выделяющейся при окислении дожигаемой примеси.

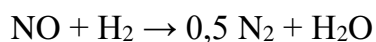
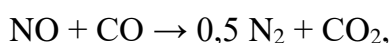
Для нейтрализации в отработавших газах NO_x , CO и C_nH_m применяют двухступенчатый каталитический нейтрализатор (рис. 17.2), состоящий из последовательно соединенных восстановительного 1 и окислительного 2 катализаторов. Отработавшие газы (ОГ) через патрубок поступают к восстановительному катализатору



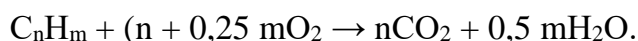
1.

Рис. 17.2. Схема двухступенчатого каталитического нейтрализатора (пояснения в тексте)

На восстановительном катализаторе происходят следующие реакции



После восстановительного катализатора к отработавшим газам для создания окислительной среды подводится через патрубок вторичный воздух. На окислительном катализаторе 2 происходит нейтрализация продуктов неполного сгорания CO и C_nH_m .



Применяют в основном окислительные каталитические нейтрализаторы. Каталитические нейтрализаторы конструктивно состоят из входного и выходного устройств, корпуса и заключенного в него реактора (рис. 17.3). Схема установки каталитического нейтрализатора в системе ДВС показана на рис. 17.4.

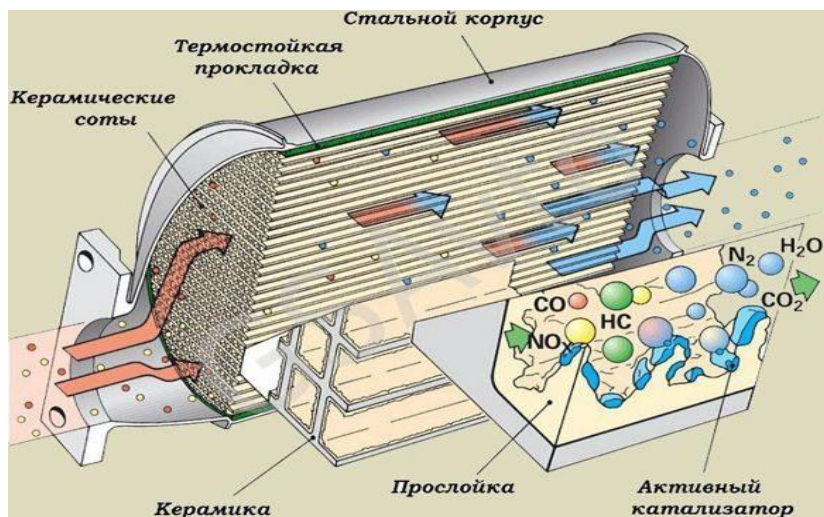


Рис. 17.3. Каталитический нейтрализатор для бензинового ДВС

Каталитические нейтрализаторы снижают в ОГ содержание CO на 70-90 %. C_nH_m на 50-85 %.

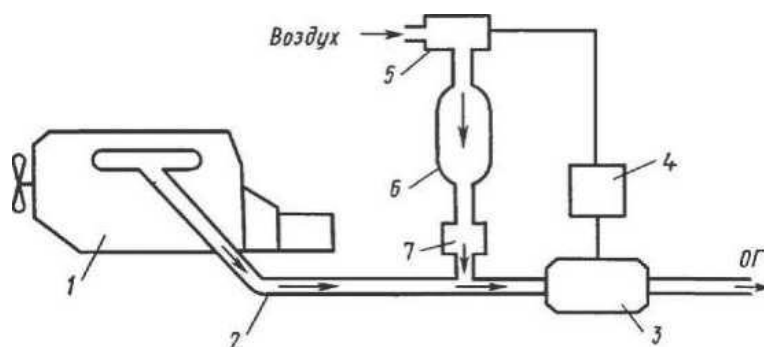


Рис. 17.4. Схема установки каталитического нейтрализатора (пояснения в тексте)

Отработавшие газы от двигателя 1 поступают по выпускной трубе 2 к каталитическому нейтрализатору 3, после чего выбрасываются в атмосферу. Для поддержания необходимой температуры газов в нейтрализаторе используется электронный блок 4, регулирующий клапаном 5 подачу воздуха через ресивер 6 и обратный клапан 7 из атмосферы в нейтрализатор.

Средний ресурс катализатора составляет 100 тыс. километров пробега, но при правильной эксплуатации он может исправно функционировать и до 200 тыс. километров. Основные причины раннего износа — неисправность двигателя и качество топлива (топливовоздушной смеси). Использование этилированного или плохо очищенного бензина приводит к быстрому засорению пористого блока остатками несгоревшего топлива, что препятствует протеканию необходимых химических процессов.

Для улавливания сажи в дизельных ДВС известно несколько конструкций устройств, использующих как принцип электростатической очистки, так и метод

фильтрации. Сущность проблемы, связанной с улавливанием частиц сажи из потока выхлопных газов, состоит в том, что эти частицы очень малы по размерам: диаметр половины из них менее 5 мкм, а плотность— 0,05 г/см³. Как правило, выход аэрозоля составляет от 0,1 до 0,5 % массы топлива. Следовательно, традиционные фильтры будут быстро забиваться.

Для снижения содержания твердых частиц в выхлопе дизельных двигателей устанавливаются фильтры регенеративного типа (рис. 17.5).

Фильтр в виде сотовой конструкции с ячейками прямоугольного сечения изображен на рис. 17.5, *а*. Пористый материал фильтра обладает достаточной механической прочностью, стойкостью к агрессивным химическим веществам, сопротивлением к оплавлению и образованию трещин при тепловых воздействиях, а также термической стабильностью.

Фильтр, выполненный в виде нескольких последовательно расположенных пористых перегородок (рис. 17.5, *б*), обладает повышенной эффективностью очистки.

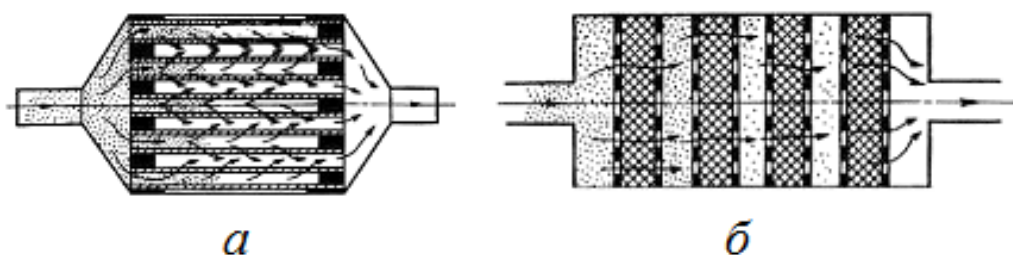


Рис. 17.5. Схема фильтров-сажеуловителей с сотовой (*а*) и многослойной (*б*) насадкой

Сажеуловители дизельных ДВС должны обеспечивать ресурс 10 000 км и более при незначительном увеличении гидравлического сопротивления, что обеспечивается периодической (примерно через 100 км пробега) регенерацией фильтроэлемента. Накопившиеся в фильтре частицы периодически удаляют, чаще всего термическим окислением. Для этого отходящие газы нагревают до 450 °С и выше, что приводит к воспламенению накопившейся сажи.

Контрольные вопросы

1. Какими веществами автотранспорт загрязняет воздух?
2. Как образуются пылевые загрязнения от автотранспорта?
3. Как снизить вредное воздействие автотранспорта на ОС?
4. Какие газообразные отходы автотранспорта можно улавливать и утилизировать?
5. Виды катализаторов и нейтрализаторов.
6. Опишите работу нейтрализаторов.

ГЛОССАРИЙ

Агрегирование отходов и мусора – это технологический процесс, связанный с укрупнением мелкодисперсных частиц мусора. К способам агрегирования относятся различные приемы гранулирования, таблетирования, брикетирования и высокотемпературной агломерации.

Брикетирование – простейший способ упаковки твёрдых бытовых отходов путем прессования и заключения в специальную пленку. Брикетирование мусора позволяет экономить пространство при захоронении отходов, поскольку в прессованном виде уменьшается в объёме в 3-4 раза. Чаще всего брикетируют отходы, которые в дальнейшем становятся вторсырьём: макулатура, пластики, металлы, при этом технология позволяет сократить затраты на их транспортировку. Кроме того, брикеты с соответствующими видами отходов можно использовать как топливо, так как теплоотдача при их сжигании значительно выше, а затраты энергии ниже.

Вид отходов — совокупность отходов, которые имеют общие признаки и в соответствии с системой классификации отходов.

Выход концентрата и хвостов – их количество, выраженное в абсолютных весовых единицах, в долях единицы или, чаще, в процентах от количества исходного продукта.

Гранулирование – это процесс переработки материала в куски геометрически правильной, единообразной формы и одинаковой массы – гранулы. Гранулирование помогает создавать дополнительные сырьевые ресурсы из мелких материалов с усредненными свойствами, использование которых малоэффективно или затруднительно, а также утилизировать различные отходы (опилки, пыль, шлаки, металлическая стружка и т.п.). Целесообразность процесса гранулирования в каждом случае должна быть экономически обоснована. В зависимости от исходного материала гранулирование производится со связующими (цементирующими, клеящими) веществами при средних давлениях (10-50 МН/м²) и без связующих веществ при высоких давлениях (100-200 МН/м²).

Группы однородных отходов — отходы, классифицированные по одному или нескольким признакам (происхождению, условиям образования, химическому и (или) компонентному составу, агрегатному состоянию и физической форме).

Жидкие бытовые отходы — отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности физических лиц и деятельности юридических лиц (сточные воды, различные виды жидких нечистот, которые скапливаются в выгребных ямах и септиках,

помойные отходы от производственных процессов, фекальные отходы нецентрализованной канализации);

Жизненный цикл продукции — совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции при ее создании, использовании (эксплуатации) и ликвидации (с утилизацией и/или удалением).

Захоронение отходов — безопасное размещение, изоляция и обезвреживание остаточных (неперерабатываемых) отходов.

Зона обслуживания — территория района (города), закрепленная органами государственной власти на местах за соответствующей обслуживающей организацией для оказания услуг по сбору и вывозу бытовых отходов.

Извлечение – выраженное в процентах отношение количеств компонента в каком-либо продукте и в исходном отходе. Сумма извлечений компонента во все продукты технологического процесса или операции составляет 100%.

Инсинератор (от лат. *Incineratio* – сжигание, сожжение, превращение в пепел; буквальное значение – печь для сжигания) – это установка для утилизации различных типов отходов путем высокотемпературного контролируемого обезвреживания с последующей очисткой отходящих газов. Основной функцией **инсинератора** является безопасное обезвреживание отходов, основанное на сжигании органической составляющей отходов и выпаривании воды. Это позволяет значительно (иногда более чем в 10 раз) уменьшить изначальный объем отходов. Также отходы подвергаются 100% обеззараживанию вследствие высоких температур. Образовавшийся пепел в большинстве случаев является не опасным для окружающей среды и подлежит захоронению на полигонах ТБО. Дымовые газы, содержащие значительное количество загрязнителей, проходят многоступенчатую очистку и выбрасываются в атмосферу, когда содержание загрязнителей в них падает до установленных норм.

Класс опасности (токсичности) отходов — числовая характеристика отходов, определяющая вид и степень их опасности (токсичности).

Классифицирование отходов — распределение отходов на группы по совокупности приоритетных признаков: по классу опасности для окружающей среды и здоровья людей, по происхождению, агрегатному состоянию, химическому составу, ресурсной ценности и другим характеристикам, необходимым для осуществления безопасной и ресурсосберегающей деятельности по обращению с отходами.

Концентраты – продукты обогащения, в которых содержание полезных компонентов выше, а вредных примесей ниже, чем в исходном сырье. Концентраты получают название по преобладающему в них ценному компоненту, например: железорудные, угольные, пиритные и т.д.

Крупногабаритные бытовые отходы — твердые бытовые отходы, образующиеся в результате замены морально и физически устаревшей мебели, бытовой техники (холодильники, стиральные машины, телевизоры и т.п.), оргтехники (компьютеры, принтеры и т.п.), технического оборудования, автотранспорта, а также образующиеся при рубке и агротехнической обработке древесных и кустарниковых насаждений отходы (ветки, сучья деревьев и кустарников, порубочные остатки, листья и др.) и строительные отходы, размеры которых не позволяют размещать их в контейнерах объемом 0,75 м³.

Ликвидация отходов — деятельность, связанная с комплексом документированных организационно-технических процедур по утилизации и обезвреживанию отходов и сбросов для получения вторичного сырья, полезной продукции и/или уничтожения и захоронения неиспользуемых в настоящее время опасных и других отходов.

Лимит на размещение отходов — предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которые разрешается размещать определенным способом на установленный срок в объектах размещения отходов с учетом экологической обстановки на данной территории.

Локальная переработка отходов — совокупность операций по переработке отходов, осуществляемых в зоне действия производственной установки, на которой образуются отходы.

Лом и отходы цветных и (или) черных металлов — пришедшие в негодность или утратившие свои потребительские свойства изделия из цветных и (или) черных металлов и их сплавов; отходы, образовавшиеся в процессе производства изделий из цветных и (или) черных металлов и их сплавов, а также неисправимый брак, возникший в процессе производства указанных изделий.

Малоотходная технология — процесс производства, при реализации которого для получения единицы продукции образуется меньшее количество отходов по сравнению с существующими способами получения этой же продукции.

Накопление отходов — временное складирование отходов (на срок не более чем одиннадцать 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 дальнейшей утилизации, обезвреживания, размещения, транспортирования.

Норматив накопления твердых коммунальных отходов — среднее количество твердых коммунальных отходов, образующихся в единицу времени.

Норматив образования отходов — установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции.

Обезвреживание отходов — технологическая операция или совокупность операций, в результате которых первичное токсичное вещество или группа веществ превращаются в нейтральные нетоксичные и неразлагающиеся соединения.

Обогащение отходов — обработка отходов с целью повышения относительного содержания в них необходимых составляющих путем исключения или преобразования тех составляющих, которые в рассматриваемой ситуации относят к ненужным или вредным.

Обработка отходов — предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку.

Обращение с отходами — деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов.

Объекты захоронения отходов — предоставленные в пользование в установленном порядке участки недр и подземные сооружения для захоронения отходов I-V классов опасности в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах.

Объекты обезвреживания отходов — специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для обезвреживания отходов.

Объекты размещения отходов — специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов.

Объекты хранения отходов — специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для долгосрочного складирования отходов в целях их последующей утилизации, обезвреживания, захоронения.

Оператор по обращению с твердыми коммунальными отходами — индивидуальный предприниматель или юридическое лицо, осуществляющие деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, захоронению твердых коммунальных отходов.

Отсадка — процесс гравитационного обогащения, заключается в разделении смеси минеральных частиц по плотности на основе различия скоростей их движения в вертикальном пульсирующем потоке воды или воздуха.

Отходы — остатки продуктов или дополнительные продукты, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью.

Отходы I—IV классов опасности — отходы чрезвычайно опасные (Т), высокотоксичные (II), умеренно опасные (III) и малоопасные (IV), в состав которых входят вещества или компоненты, обладающие одним или несколькими опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, способностью к самовозгоранию, высокой реакционной способностью, канцерогенностью, наличием возбудителей инфекционных заболеваний или другими установленными документально опасными свойствами), и обращение с которыми представляет непосредственную или потенциальную опасность для жизни и здоровья человека и/или окружающей среды.

Отходы потребления — остатки веществ, материалов, предметов, изделий, товаров (продукции или изделий), частично или полностью утративших свои первоначальные потребительские свойства для использования по прямому или косвенному назначению в результате физического или морального износа в процессах общественного или личного потребления (жизнедеятельности), использования или эксплуатации.

Отходы производства — остатки сырья, материалов, веществ, изделий, предметов, образовавшиеся в процессе производства продукции, выполнения работ (услуг) и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства.

Отходы производства и потребления — вещества ИЛИ предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с законодательством.

Паспорт отходов — документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности и содержащий сведения об их составе.

Переработка отходов — технологическая операция или совокупность технологических операций, в результате которых из отходов производится один или несколько видов товарной продукции. Переработка отходов связана с изменением физических, химических или биологических свойств отходов, в целях подготовки их к экологически безопасному хранению, транспортированию или утилизации.

Повторное использование ТБО — повторное использование полученных из ТБО сырья, энергии и материалов.

Предотвращение образования ТБО — замедление темпов роста образования ТБО и снижение их опасных свойств.

Производственно-материальный рециклинг — способ рециклинга, при котором свойства материалов, которые могут быть использованы в процессе производства в основном сохраняются (пластмасса, стекло)

Промежуточные продукты – продукты, образующиеся в процессе переработки отходов. Имеют содержание основных компонентов меньшее, чем в концентрате, но большее, чем в исходных отходах. Их качество всегда ниже требований к концентратам и выше допустимого для хвостов.

Рекуперация – процесс возвращения в данный технологический процесс механически потерянного исходного сырья, а также промежуточных и конечных продуктов. Рекуперация осуществляется, как правило, на материнском производстве.

Рециклинг (или рисайклинг) — систематический возврат ценных материалов из отходов в материальный производственный замкнутый процесс для сбережения энергии и сырья.

Рециклинг сырьевой — способ химического рециклинга, при помощи которого продукты расщепляются до первичной сырьевой ступени (сырая нефть, хлористый водород)

Рециклинг химический — совокупность методов утилизации при помощи которых из отходов путем химического преобразования извлекаются ценные компоненты

Сбор отходов — прием или поступление отходов от физических и юридических лиц в целях их дальнейшей обработки, утилизации, обезвреживания, транспортирования и размещения.

«Сигнальный» метод — сбор и вывоз твердых бытовых отходов в индивидуальном жилом секторе с объездом населенного пункта мусоросборочной техникой и оповещением потребителей путем подачи звукового сигнала.

Смет — продукт разрушения и истирания дорожных покрытий, пыль, земля, опавшая листва, отходы из урн, осадок из водосточных колодцев.

Строительные отходы — отходы, образующиеся при производстве строительных работ, реконструкции, ремонте и сносе жилых домов, административных зданий, квартир многоквартирного дома.

Твердые бытовые отходы — отходы потребления, образующиеся у населения, в том числе при приготовлении пищи, уборке и ремонте жилых помещений, содержании придомовых территорий и мест общего пользования, содержании в жилых помещениях

домашних животных и птиц, а также устаревшие, пришедшие в негодность предметы домашнего обихода

Твердые коммунальные отходы — отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами.

Технологический цикл отхода — последовательность технологических процессов ликвидации конкретного отхода.

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.

Удаление отходов — последний этап технологического цикла отходов, на котором производят разложение, уничтожение и/или захоронение отходов I—IV классов опасности с обеспечением защиты окружающей среды.

Утилизация — повторное использование любых не возвращаемых в исходный процесс материалов, и не в их собственном, а в каком-либо новом качестве, полученном в результате специальной обработки. Утилизация осуществляется на специально создаваемых предприятиях, с не свойственными данному материалу методами переработки и целями использования.

Утилизация отходов — использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация).

Хвосты - продукты обогащения, в которые переходят пустая порода, вредные примеси и часть полезных компонентов отходов. Хвосты как отходы конкретного технологического цикла могут быть в ряде случаев использованы в других отраслях производства в качестве исходного сырья. Так, хвосты обогащения руд черных и цветных металлов, в зависимости от химического и гранулометрического состава, могут быть использованы как щебень, песок, мелкие и крупные заполнители при производстве бетона, для получения керамики, других строительных материалов.

Хранение отходов— складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения.

Централизованная переработка отходов – совокупность операций по сбору, транспортированию и переработке отходов на специализированном производственном участке.

Энергетическое использование ТБО — извлечение биогаза и синтез-газа из образовавшихся ТБО для использования в качестве альтернативного топлива в целях производства электрической и тепловой энергии, а также использования в бытовых целях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Global Waste to Grow by 70 Percent by 2050 Unless Urgent Action is Taken: World Bank Report. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
2. Goodship V. (ed.). Management, Recycling and Reuse of Waste Composites (Woodhead Publishing in Materials). CRC Press, 2010. 500 p.
3. Karthikeyan O.P., Heimann K., Muthu S.S. (Eds.) Recycling of Solid Waste for Biofuels and Bio-chemicals. Springer, 2016. — 422 p.
4. Kumar E.S. (ed.) Integrated Waste Management. V.II. InTech. 2011. 482 p.
5. OECD (2018), Improving Markets for Recycled Plastics: Trends, Prospects and Policy Responses, OECD Publishing, Paris. – <http://dx.doi.org/10.1787/9789264301016-en>
6. Radkevich M., Shipilova K. The processes of accumulation and transport of automobile waste in the city of Tashkent. WASTE FORUM, 2019 No. 3. Czech Environmental Management Center 2019. pp. 211-218.
7. Saleh H.El-D.M., Rahman R.O.A. (Eds.) Management of Hazardous Wastes. ExLi4EvA, 2016. — 181 p.
8. Show K.-Y., Guo X. (Eds.) Industrial Waste. InTech, 2012. — 274 p.
9. Wilken D., Rauh S/ at al. Biowaste to biogas. The production of energy and fertilizer from organic waste. Freising, Fachverband Biogas e.V. 68 pp.
10. Wong J., Tyagi R., Pandey A. (Eds.) Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Solid Waste Management. Elsevier, 2017. — 512 p.
11. Woodard F.E. Industrial Waste Treatment Handbook. 2006, Elsevier Inc. 549 p.
12. Xi B., Jiang Y., Li M., Yang Y., Huang C. Optimization of Solid Waste Conversion Process and Risk Control of Groundwater Pollution. Springer-Verlag, 2016. — 125 p.
13. Атласова А. М. Исследование и перспективы развития подземного пневмотранспорта для сбора отходов в Москве // Молодой ученый. — 2016. — №19. — С. 53-56. — URL <https://moluch.ru/archive/123/33549/> (дата обращения: 15.12.2019).
14. Башкиров Ю.Ю., Носарев Н.С. Модель оценки экологических рисков в процессе утилизации твердых бытовых отходов // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXVII междунар. науч.-практ. конф. № 8(33). – Новосибирск: СибАК, 2014.
15. Башлаев К. Клубы дыма, языки пламени и едкий метан: чем нас встретил Ахангаранский полигон // Правда Востока. № 127 (29090) от 25 июня 2019 года.
16. Дмитренко Л.В., Березницкая М.В., Барандич С.Л. Результаты инвентаризации парниковых газов в секторе “отходы” для национального кадастра парниковых газов //

- Наук. праці УкрНДГМІ, 2007, Вип. 256, С. 331-345.
<http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/51546/29-Dmytrenko.pdf?sequence=1>
17. Вайсман Я.И. и др. Управление отходами. Сбор, транспортирование, прессование, сортировка твердых бытовых отходов. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2012. – 236 с.
18. Вайсман Я.И., Вайсман О.Я., Максимова С.В. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов. Пермь: Книжный мир, 2003. – 231 с.
19. Ветошкин А. Г. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: Учебное пособие. В 2х частях. Ч.1. Системное обращение с отходами. М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 440 с.
20. Ветошкин А. Г. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: Учебное пособие. В 2х частях. Ч.2. Переработка и утилизация промышленных отходов. М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 380 с.
21. Душкин С.С., Коваленко А.Н., Дегтярь М.В., Шевченко Т.А. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод: монография. Х.: ХНАГХ, 2011.– 146 с.
22. Жариков Г.А., Марченко А.И., Крайнова О.А., Капранов В.В., Жариков М.Г. Разработка и полевые испытания технологии биоремедиации территории, загрязненных токсичными химическими веществами // Медицина экстремальных ситуаций. 2013. №2 (44). С. 41 – 45.
23. Казарян М.Л., Рихтер А.А., Шахраманьян М.А. Методика автоматического детектирования компонент объектов захоронения отходов по космическим изображениям // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 3. 46–53
24. Кирильчук И.О., Барков А.Н. Информационно-аналитические системы управления отходами. Курск: Университетская книга, 2015. — 112 с
25. Концепция Стратегии развития Республики Узбекистан до 2035 г. Раздел Экология. (Эл. ресурс). Режим доступа: <http://uzbekistan2035.uz/wp-content/uploads/2019/05/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%8F-%D0%A3%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0-RUS.pdf>
26. Конык О. А. Кузиванова А.В. Технологии переработки твердых отходов [Электронный ресурс]: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 202 с.
27. Корольченко Д.А. Современные биоремедиационные технологии// Пожаровзрывобезопасность. 2007. №5. С. 75-78

28. Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология. Том 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 629 с.
29. Левкин Г.Г. Логистика: учебник. – 2-е изд. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. -267 с.
30. Любинская Т.В. Снижение эмиссии биогаза ТБО как важнейший элемент сокращения «Парникового» эффекта // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. №1. С. 76 – 80.
31. Мисун Л.В. и др. Инженерная экология в АПК: пособие. Мн.: БГАТУ, 2007. – 302с.
32. Никуличев Ю.В. Управление отходами. Опыт Европейского союза. Аналит. обзор / РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. глоб. и регионал. пробл. Отд. проб. европ. безопасности. – М., 2017. – 55 с.
33. Нойман В. Утилизация Ядерных отходов в Европейском союзе: Рост объемов и никакого решения. Перевод с нем. Воронеж: Green European Foundation, 2011. – 68 с.
34. Ньюбауэр А. Сближение с политикой ЕС по отходам. Краткий путеводитель для стран-партнеров по Европейской политике добрососедства, и России Путеводитель по политике: политика по отходам Европейское Сообщество, 2008. – 34 с.
35. Оценочные доклады по приоритетным экологическим проблемам в Центральной Азии. Ашхабад: ПРООН, 2006, 148 с
36. Пипия Л. К., Елкин А. Г. Переработка пластмасс: оценка рынка и перспективы // Наука за рубежом. Ежемесячное аналитическое обозрение. № 75, декабрь 2018. Электронное издание: www.issras.ru/global_science_review
37. Польшгалов С.В., Ильиных Г.В., Вайсман Я.И. Возможности оптической сортировки твердых отходов// Транспорт. Транспортные сооружения. Экология, № 3, 2016. С. 105-116
38. Постановление Президента Республики Узбекистан от 17.04.2019 г. № ПП-4291. Стратегия по обращению с твердыми бытовыми отходами в Республике Узбекистан на период 2019 — 2028 годов. Режим доступа: <https://lex.uz/docs/4291733>
39. Радкевич М.В. Охрана природы. Ташкент: ТИИИМСХ, 2019. – 273с.
40. Радкевич М.В., Шипилова К.Б. Эколого-экономические проблемы использования отработанного моторного масла автомобилей // Universum: Технические науки. № 1(58), 2019. С. 5-9
41. Самсонова А. Биоремедиация природных и производственных сред // Наука и инновации. 2011. № 105. С. 36-42

42. СанПиН РУз № 0068-96. Санитарные правила сбора, хранения, транспортировки, обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в городах Республики Узбекистан.
43. Соколов Л. И. Сбор и переработки твердых коммунальных отходов: монография / Л. И. Соколов, С. М. Кибардшга, С. Фламмс, П. Хатенками, — 3-е над., перераб. и доп. — М.: Инфра-Инженерия, 2019. — 176 с.
44. Степаненко Е.Е., Поспелова О.А., Зеленская Т.Г. Исследование химического состава фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 11, №1 (3), 2009. С. 525-527
45. Тихоцкая И. Как в Японии решают проблемы утилизации бытовых отходов? // Отечественные записки. № 2 (35) 2007. С. 34-40
46. Уланова О.В. Управление твердыми бытовыми отходами. Европейский опыт. Часть 1. Иркутск: ИрГТУ, 2009. — 136 с.
47. Уланова О.В. Управление твердыми бытовыми отходами. Европейский опыт. Часть 2. Иркутск: ИрГТУ, 2010. — 180 с.
48. Шриканд Субраманиан. Переработка электронных отходов в Индии – Проблема №1// Твердые бытовые отходы, 2008. № 11. С. 62-67
49. Экологический обзор Узбекистана, основанный на индикаторах. Программа Развития ООН в Узбекистане. Т.: Mega Basim, 2008. – 88 с.
50. Юкиш В.Ф., Крючкова К.А. Прогнозирование показателей охраны окружающей среды // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017, № 2-4, С. 64-66
51. Янкевич М.И., Хадеева В.В., Мурыгина В.П. Биоремедиация почв: вчера, сегодня, завтра// Биосфера. 2015. №2. С. 199-204.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ	5
1.1. Отходы. Понятие и классификация.....	5
1.2. Нормы образования и морфология ТБО.....	8
1.3. Накопление и виды промышленных отходов	12
ГЛАВА 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ И РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН	21
2.1. Основные исторические вехи развития европейской экологической политики	21
2.2. Основные директивы в сфере управления отходами	24
2.3. Законодательство в сфере управления ТБО на примере Австрии и Германии	35
2.4. Законодательство РУз по обращению с отходами.....	36
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ.....	39
3.1. Теоретические предпосылки обращения с отходами	39
3.2. Организационное управление обращением с отходами	40
3.3. Направления реорганизации системы государственного управления отходами	42
3.4. Информационные системы и программных продуктов, используемых для управления отходами	52
ГЛАВА 4. ОБРАЩЕНИЕ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ	54
4.1. Накопление ТБО.....	54
4.2. Логистика твердых бытовых отходов	56
4.3. Селективный сбор отходов	60
4.4. Опыт Японии по обращению с отходами.....	64
4.5. Пневматическая система сбора и транспортировки отходов	71
ГЛАВА 5. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	77
5.1. Значение механических процессов и технологий для рециклинга отходов	77
5.2. Физические основы измельчения	78
5.3. Физические основы агломерации.....	82
5.4. Физические основы классификации и сортировки отходов	86
5.5. Автоматизированные системы сортировки ТБО в Европе	103
ГЛАВА 6. ОСНОВЫ РЕЦИКЛИНГА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	107
6.1. Понятие о рециклинге.....	107

6.2. Переработка макулатуры	108
6.3. Переработка стекла.....	111
6.4. Переработка металлической тары	114
6.5. Переработка пластмасс	115
6.6. Рециклинг электронных отходов	126
6.7. Рециклинг крупногабаритных отходов	133
6.8. Проблемы утилизации и рециклинга автомобилей.....	134
ГЛАВА 7. ПРОБЛЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ТБО.....	145
7.1. Принципы устройства полигонов бытовых отходов.....	145
7.2. Опыт захоронения ТБО в зарубежных странах	147
7.3. Захоронение отходов в Узбекистане.....	149
7.4. Воздействие полигонов ТБО на окружающую среду	152
7.5. Кинетика процессов разложения ТБО на полигонах	154
7.6. Сбор и обезвреживание фильтрата	156
ГЛАВА 8. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА СКОРОСТИ И ОБЪЕМА ЭМИССИИ	159
8.1. Состав и физические свойства биогаза.....	159
8.2. Математические модели для расчета скорости и объема эмиссии биогаза при разложении отходов.....	161
8.3. Эмиссия парниковых газов и возможности её сокращения	164
8.4. Мониторинг биогаза на закрытых полигонах.....	166
ГЛАВА 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД В МЕСТАХ ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ	167
9.1. Виды фильтрата полигонов	167
9.2. Моделирование состава фильтрационных вод в местах хранения отходов	168
9.3. Моделирование объемов фильтрационных вод, образующихся в теле полигона	171
ГЛАВА 10. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИЙ ОТ ПОЛИГОНОВ ТБО	178
10.1. Методы снижения эмиссий от полигонов ТБО	178
10.2. Получение биотоплива из отходов	181
10.2. Методы очистки фильтрационных вод.....	184
10.3. Рекультивация закрытых полигонов.....	191
10.4. Биотехнологии очистки почв и водоёмов	192
ГЛАВА 11. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ	204

11.1. Особенности систем поддержки принятия решений в природоохранной деятельности	204
11.2. Организационное управление охраной окружающей среды с использованием информационных технологий.....	207
11.3. Методологические аспекты разработки автоматизированных информационно-аналитических систем управления отходами.....	209
11.4. ГИС-приложения по учету несанкционированных свалок.....	211
ГЛАВА 12. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ.....	213
12.1. Классификация промышленных отходов	213
12.2. Оценка рисков накопления промышленных и транспортных отходов	215
12.3. Прогнозирование объемов образования отходов	221
12.4. Методы обращения с промышленными отходами	222
12.4.1. Переработка промышленных отходов.....	223
12.4.2. Технологии изоляции и захоронения промышленных отходов.....	224
12.5. Уменьшение объемов образования промышленных отходов	229
ГЛАВА 13. ЖИДКИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И МЕТОДЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ	232
13.1. Общие сведения об очистке промышленных сточных вод	232
13.2. Утилизация некоторых видов жидких отходов	233
13.3. Сжигание жидких отходов и осадков	239
13.4. Подземное захоронение промышленных стоков	240
13.5. Специализированный полигон для захоронения жидких отходов	243
ГЛАВА 14. УДАЛЕНИЕ ОТХОДОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД.....	244
14.1. Дезодорация.....	245
14.2. Дегазация	245
14.3. Электрохимические процессы очистки сточных вод.....	246
14.4. Химические методы очистки сточных вод.....	249
ГЛАВА 15. ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ	253
15.1. Общие сведения о радиоактивности и её влияние на человека	253
15.2. Понятие радиоактивных отходов и основные принципы обращения с ними	256
15.3. Опыт стран ЕС по обращению с радиоактивными отходами.....	258
15.4. Жидкие растворимые радиоактивные отходы	263
15.5. Опыт США в обращении с радиоактивными отходами	264
15.6. Радиоактивные отходы в Узбекистане.....	267

ГЛАВА 16. ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ПЫЛЕВИДНЫХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	268
16.1. Источники образования пылевых и газовых отходов на производственных предприятиях.....	268
16.2. Состав пылегазовых выбросов	269
16.3. Теоретические основы очистки пылегазовых потоков	273
16.4. Методы рекуперации ценных компонентов из шлама.....	276
16.5. Методы очистки газовых выбросов	279
ГЛАВА 17. ЭМИССИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПЫЛИ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА.....	294
17.1. Эмиссия вредных веществ и пыли от автомобильного транспорта	294
17.2. Пути снижения загрязнения атмосферы транспортными выбросами.....	297
17.3. Обезвреживание и утилизация выбросов автотранспорта	299
ГЛОССАРИЙ.....	304
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	312

Мундарижа

КИРИШ.....	3
1-БОБ. ЧИҚИНДИЛАРНИ БОШҚАРИШ АСОСЛАРИ.....	5
1.1. Чиқиндилар. Тушунча ва классификацияси.....	5
1.2. ҚМЧ тўпланиш меъёрлари ва морфологияси	8
1.3. Ишлаб чиқариш чиқиндиларининг тўпланиши ва турлари.....	12
2-БОБ. ЧИҚИНДИЛАРНИ БОШҚАРИШ СОҲАСИДА ХОРИЖИЙ МАМЛАКАТЛАРДА ВА ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИДАГИ ЭКОЛОГИК СИЁСАТ ВА ҚОНУНЧИЛИК	21
2.1. Европа экологик сиёсати ривожланишининг тарихи	21
2.2. Чиқиндиларни бошқариш соҳасида асосий директивалар	24
2.3. ҚМЧларни бошқариш соҳасидаги Австрия ва Германия қонунчилиги.....	35
2.4. Ўзбекистон Республикасининг чиқиндиларни бошқариш қонунчилиги.....	36
3-БОБ. ЧИҚИНДИЛАРНИ БОШҚАРИШНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ.....	39
3.1. Чиқиндиларни бошқаришнинг назарий асослари.....	39
3.2. Чиқиндиларни бошқаришнинг ташкилий асослари	40
3.3. Чиқиндиларни бошқариш давлат тизимини янгича тузишнинг йўналишлари	42
3.4. Чиқиндиларни бошқариш учун қўлланиладиган ахборот тизимлари ва дастурий маҳсулотлари	52
4-БОБ. МАИШИЙ ЧИҚИНДИЛАРНИ БОШҚАРИШ.....	54
4.1. ҚМЧларнинг тўпланиши	54
4.2. ҚМЧларнинг логистикаси	56
4.3. Чиқиндиларни алоҳида-алоҳида йиғиш.....	60
4.4. Чиқиндиларни ишлатишнинг Япония тажрибаси	64
4.5. Чиқиндиларни йиғиш ва ташиш пневматик тизими	71
5-БОБ. ҚАТТИҚ МАИШИЙ ЧИҚИНДИЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ ВА ҚАЙТА ИШЛАШДАГИ АСОСИЙ МЕХАНИК ЖАРАЁН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР.....	77
5.1. Чиқиндиларни рециклинг қилиш учун механик жараёнларнинг аҳамияти.....	77
5.2. Майдалашнинг физик асослари	78
5.3. Агломерациянинг физик асослари	82
5.4. Чиқиндиларни ажратиш ва сортлашнинг физик асослари	86
5.5. Европада ҚМЧларни сортлаш учун автоматлаштирилган тизимлар	103
6-БОБ. ҚАТТИҚ МАИШИЙ ЧИҚИНДИЛАРНИНГ АЙРИМ ТУРЛАРИНИ РЕЦИКЛИНГ ҚИЛИШ АСОСЛАРИ.....	107
6.1. Рециклинг тўғрисида тушунча.....	107

6.2. Макулатурани қайта ишлаш	108
6.3. Шишани қайта ишлаш	111
6.4. Металл идишларини қайта ишлаш	114
6.5. Пластмассаларни қайта ишлаш	115
6.6. Электрон чиқиндиларни рециклинг қилиш	126
6.7. Катта ўлчамли чиқиндиларни рециклинг қилиш	133
6.8. Автомобилларни утиллаштириш ва рециклинг қилишнинг муаммолари	134
7-БОБ. ҚМЧНИ ОМБОРЛАРГА ЖОЙЛАШ ВА КЎМИШ МУАММОЛАРИ	145
7.1. Маиший чиқиндиларнинг полигонларни ташкил қилишнинг принциплари	145
7.2. Хорижий мамлакатларнинг ҚМЧларни кўмиш тажрибаси	147
7.3. Ўзбекистонда чиқиндиларни кўмиш	149
7.4. ҚМЧ полигонларининг атроф муҳитга таъсири	152
7.5. Полигонларда ҚМЧларнинг парчаланиш кинетикаси	154
7.6. Филтратни йиғиш ва зарарсизлантириш	156
8-БОБ. ЭМИССИЯ ТЕЗЛИГИ ВА ҲАЖМИНИ ҲИСОБЛАШ УЧУН МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАРИ.....	159
8.1. Биогаз таркиби ва физик хусусиятлари	159
8.2. Чиқиндиларни парчаланиш пайтида ҳосил бўладиган биогаз эмиссиясининг тезлиги ва ҳажмини ҳисоблаш учун математик моделлари.	161
8.3. Иссиқ газларининг эмиссияси ва уни камайтириш имкониятлари	164
8.4. Ёпилган полигонлардан чиқадиган биогазни мониторинг қилиш	166
9-БОБ. ЧИҚИНДИЛАРНИ САҚЛАШ ЖОЙЛАРИДИ ҲОСИЛ БЎЛАДИГАН ФИЛЬТРАЦИЯ СУВЛАРИНИНГ ТАРКИБИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ	167
9.1. Полигонларнинг филтрат турлари	167
9.2. Чиқиндиларни сақлаш жойлариди ҳосил бўладиган фильтрация сувларининг таркибини моделлаштириш	168
9.3. Полигон ичида ҳосил бўладиган фильтрация сувларининг ҳажмларини моделлаштириш	171
10-БОБ. ҚМЧ ПОЛИГОНЛАРИДАН ЧИҚАДИГАН ЭМИССИЯЛАРНИ КАМАЙТИРИШ УСУЛЛАРИ.....	178
10.1. ҚМЧ полигонларидан чиқадиган эмиссияларни камайтириш усуллари	178
10.2. Чиқиндилардан биоёқилғини олиш	181
10.2. Фильтрация сувларини тозалаш усуллари	184
10.3. Ёпилган полигонларни рекультивация қилиш	191
10.4. Тупроқ ва сув ҳавзаларини тозалаш биотехнологиялари	192

11-БОБ. ЧИҚИНДИЛАРНИ БОШҚАРИШДА ЗАМОНАВИЙ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИ ҚЎЛЛАШ	204
11.1. Атроф муҳитни муҳофаза қилиш фаолиятидаги қарорларни қабул қилишга мадад бериб туриш тизимларининг хоссалари	204
11.2. Атроф муҳитни муҳофаза қилишни ахборот технологиялардан фойдаланиб ташкилий бошқариш	207
11.3. Чиқиндиларни бошқаришнинг автоматлаштирилган ахборот-аналитик тизимларини ишлаб чиқишнинг методологик жиҳатлари	209
11.4. Рухсат этилмаган ахлатхоналарни рўйхатга олиш учун ГИС дастурлари	211
12-БОБ. ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЧИҚИНДИЛАРИ	213
12.1. Ишлаб чиқариш чиқиндиларининг таснифланиши	213
12.2. Ишлаб чиқариш ва транспорт чиқиндиларининг тўпланиш ҳавфлилилигини баҳолаш	215
12.3. Чиқиндиларнинг хосил бўлиш ҳажмларини башорат қилиш	221
12.4. Ишлаб чиқариш чиқиндиларини бошқариш усуллари	222
12.4.1. Ишлаб чиқариш чиқиндиларини қайта ишлаш	223
12.4.2. Ишлаб чиқариш чиқиндиларини изоляция ва кўмиши технологиялари	224
12.5. Ишлаб чиқариш чиқиндиларининг хосил бўладиган ҳажмларини камайтириш	229
13-БОБ. СУЮК ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЧИҚИНДИЛАРИ ВА УЛАРНИ УТИЛЛАШТИРИШ УСУЛЛАРИ	232
13.1. Ишлаб чиқариш оқова сувларини тозалаш тўғрисидаги умумий маълумотлар	232
13.2. Суюк чиқиндилар айрим турларини утиллаштириш	233
13.3. Суюк чиқиндилар ва чўкмаларни ёқиш	239
13.4. Ишлаб чиқариш оқова сувларини ер остидаги кўмиш	240
13.5. Суюк чиқиндиларни кўмиш учун махсус полигон	243
14-БОБ. ОҚОВА СУВЛАРДАН ЧИҚИНДИЛАРНИ ЧИҚАРИБ ОЛИШ	244
14.1. Ҳидсизлантириш	245
14.2. Газсизлантириш	245
14.3. Оқова сувларни электрокимёвий тозалаш жараёнлари	246
14.4. Оқова сувларни кимёвий тозалаш усуллари	249
15-БОБ. РАДИОАКТИВ ЧИҚИНДИЛАРНИ БОШҚАРИШ	253
15.1. Радиоактивлик ва унинг инсонга таъсири тўғрисида умумий маълумотлари	253
15.2. Радиоактив чиқиндиларнинг тушунчаси ва уларни бошқариш асосий тамойилари	256
15.2. Радиоактив чиқиндиларни бошқариш бўйича ЕИ мамлакатларнинг тажрибаси	258

15.3. Суюк эрийдиган радиоактив чиқиндилар	263
15.4. Радиоактив чиқиндиларни бошқариш бўйича АҚШнинг тажрибаси	264
15.5. Ўзбекистондаги радиоактив чиқиндилар	267
16-БОБ. АТМОСФЕРА ҲАВОСИНИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЧАНГ ВА ГАЗСИМОН ЧИҚИНДИЛАРИДАН ҲИМОЯЛАШ.....	268
16.1. Ишлаб чиқариш корхоналарида чанг ва газсимон чиқиндиларининг хосил бўлиш манбалари	268
16.2. Чанг ва газсимон ташланмаларининг таркиби	269
16.2. Чанг ва газ оқимларини тозалашнинг назарий асослари.....	273
16.3. Шламлардан қимматбаҳо компонентларни рекуперация қилиш усуллари.....	276
16.4. Газ ташланмаларни тозалаш усуллари	279
17-БОБ. АВТОМОБИЛ ТРАНСПОРТИДАН ЗАҲАРЛИ МОДДАЛАР ВА ЧАНГ ЭМИССИЯСИ.....	294
17.1. Автомобил транспортдан заҳарли моддалар ва чанг эмиссияси	294
17.2. Транспорт чиқиндилари билан атмосфера ҳавосини ифлосланишни камайтириш йўллари.....	297
17.3. Автотранспорт ташланмаларини зарарсизлантириш ва утиллаштириш	299
ГЛОССАРИЙ.....	304
АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	312

Table of contents

INTRODUCTION.....	3
CHAPTER 1. BASES OF WASTE MANAGEMENT	5
1.1. Waste. Concept and classification.....	5
1.2. Education standards and MSW morphology.....	8
1.3. Accumulation and types of industrial waste	12
CHAPTER 2. ENVIRONMENTAL POLICY AND LEGISLATION IN THE FIELD OF WASTE MANAGEMENT IN FOREIGN COUNTRIES AND THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN.....	21
2.1. Key milestones in the development of European environmental policy	21
2.2. Key Waste Management Directives.....	24
2.3. Legislation in the field of solid waste management by the example of Austria and Germany	35
2.4. Legislation of the Republic of Uzbekistan on waste management	36
CHAPTER 3. THEORETICAL ASPECTS OF THE PROBLEM OF WASTE MANAGEMENT	39
3.1. Theoretical background for waste management	39
3.2. Organizational Waste Management	40
3.3. Reorganization of the state waste management system	42
3.4. Information systems and software products used for waste management	52
CHAPTER 4. SOLID WASTE MANAGEMENT	54
4.1. MSW accumulation.....	54
4.2. Solid Waste Logistics.....	56
4.3. Selective waste collection	60
4.4. Waste management experience in Japan.....	64
4.5. Pneumatic waste collection and transportation system.....	71
CHAPTER 5. BASIC MECHANICAL PROCESSES AND TECHNOLOGIES IN THE PREPARATION AND PROCESSING OF MUNICIPAL SOLID WASTE	77
5.1. The importance of mechanical processes and technologies for waste recycling.....	77
5.2. The physical basis of grinding	78
5.3. Physical fundamentals of agglomeration	82
5.4. Physical basis for the classification and sorting of waste	86
5.5. Automated waste sorting systems in Europe	103
CHAPTER 6. BASICS OF RECYCLING CERTAIN TYPES OF MUNICIPAL SOLID WASTE.....	107

6.1. The concept of recycling.....	107
6.2. Waste paper recycling.....	108
6.3. Glass recycling.....	111
6.4. Recycling of metal containers.....	114
6.5. Plastics Processing.....	115
6.6. E-waste recycling.....	126
6.7. Bulk waste recycling.....	133
6.8. Problems of recycling and recycling cars.....	134
CHAPTER 7. PROBLEMS OF STORAGE AND DISPOSAL OF SOLID WASTE.....	145
7.1. Principles for the construction of landfills.....	145
7.2. Experience in the disposal of MSW in foreign countries.....	147
7.3. Landfilling in Uzbekistan.....	149
7.4. Environmental impact of MSW landfills.....	152
7.5. Kinetics of the decomposition of MSW at landfills.....	154
7.6. The collection and disposal of filtrate.....	156
CHAPTER 8. MATHEMATICAL MODELS FOR CALCULATING THE SPEED AND VOLUME OF EMISSIONS.....	159
8.1. Composition and physical properties of biogas.....	159
8.2. Mathematical models for calculating the speed and volume of biogas emission during waste decomposition.....	161
8.3. Greenhouse gas emissions and possibilities for its reduction.....	164
8.4. Biogas monitoring at closed landfills.....	166
CHAPTER 9. MODELING THE COMPOSITION OF FILTRATION WATER IN PLACES OF WASTE STORAGE.....	167
9.1. Types of filtrate landfills.....	167
9.2. Modeling the composition of filtration water in waste storage areas.....	168
9.3. Modeling the volume of filtration water generated in the body of landfill.....	171
CHAPTER 10. METHODS FOR REDUCING EMISSIONS FROM LANDFILLS.....	178
10.1. Methods for reducing emissions from MSW landfills.....	178
10.2. Getting biofuel from waste.....	181
10.2. Methods for filtering water purification.....	184
10.3. Reclamation of closed landfills.....	191
10.4. Biotechnology for cleaning soils and reservoirs.....	192
CHAPTER 11. MODERN INFORMATION TECHNOLOGY AS A TOOL FOR WASTE MANAGEMENT.....	204

11.1. Features of decision support systems in environmental protection	204
11.2. Organizational management of environmental protection using information technology	207
11.3. Methodological aspects of the development of automated information and analytical systems for waste management	209
11.4. GIS applications for accounting for unauthorized landfills	211
CHAPTER 12. INDUSTRIAL WASTE.....	213
12.1. Classification of industrial waste	213
12.2. Industrial and transport waste accumulation risk assessment	215
12.3. Prediction of waste generation	221
12.4. Industrial waste management methods	222
12.4.1. Industrial waste recycling	223
12.4.2. Technologies for isolation and burial of industrial wastes	224
12.5. Reducing industrial waste generation	229
CHAPTER 13. LIQUID INDUSTRIAL WASTE AND METHODS FOR THEIR DISPOSAL	232
13.1. General Information on Industrial Wastewater Treatment	232
13.2. Disposal of certain types of liquid waste	233
13.3. Incineration of liquid waste and sludge	239
13.4. Underground disposal of industrial effluents	240
13.5. Specialized liquid waste landfill	243
CHAPTER 14. DISPOSAL OF WASTE FROM SEWAGE.....	244
14.1. Deodorization	245
14.2. Degassing	245
14.3. Electrochemical wastewater treatment processes	246
14.4. Chemical wastewater treatment methods.....	249
CHAPTER 15. RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT.....	253
15.1. General information about radioactivity and its effect on humans	253
15.2. The concept of radioactive waste and the basic principles of its treatment.....	256
15.3. EU experience in radioactive waste management.....	258
15.4. Liquid Soluble Radioactive Waste.....	263
15.5. US Experience in Radioactive Waste Management	264
15.6. Radioactive waste in Uzbekistan	267
CHAPTER 16. PROTECTION OF ATMOSPHERIC AIR FROM DUSTY AND GASEOUS WASTES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES	268

16.1. Sources of dust and gas waste generation at manufacturing facilities	268
16.2. The composition of dust and gas emissions.....	269
16.3. The theoretical basis of dust and gas stream cleaning.....	273
16.4. Recovery methods for valuable components from sludge.....	276
16.5. Methods for cleaning gas emissions	279
CHAPTER 17. EMISSION OF HARMFUL SUBSTANCES AND DUST FROM AUTOMOBILE TRANSPORT	294
17.1. Emission of harmful substances and dust from road vehicles.....	294
17.2. Ways to reduce air pollution from vehicles	297
17.3. Neutralization and disposal of vehicle emissions	299
GLOSSARY	304
BIBLIOGRAPHIC LIST.....	312