

*Управление твердыми
бытовыми отходами*

Тема 6

Главной целью прогрессивной технологии является нахождение способа производства полезного из отходов.

Д. И. Менделеев

6.1. Краткая история обращения с отходами

Бытовые отходы представляют определенную опасность для здоровья людей, поскольку содержат быстроразлагающиеся органические вещества, болезнетворные микроорганизмы, личинки мух и яйца гельминтов. Уменьшение или исключение негативного влияния бытовых отходов на людей и окружающую природную среду является одной из важных задач санитарной очистки городов. Анализ состава твердых бытовых отходов (ТБО) показывает наличие в них целого ряда компонентов, которые могут быть использованы непосредственно после их извлечения или в результате определенной переработки. В связи с этим ТБО следует не только обезвреживать, но и в большинстве случаев использовать.

В доисторические времена отходы состояли из золы костров, дерева, костей, овощных отходов, которые служили компостом для улучшения почвы. Более 2500 лет назад в Афинах был открыт первый в мире городской полигон бытовых отходов. Власти постановили, что отходы должны вывозиться как минимум на милю за пределы городских ворот. В Римской империи существовали строгие предписания относительно вывоза твердых и жидких отходов из городов. С падением Римской империи перестали действовать ее жесткие законы, в частности относительно отходов, и как следствие этого, появилась чума. Катастрофа обрушилась на города средневековой Европы. Чума уничтожила треть населения Европы. В Италии погибла половина населения, в Англии - 90%, в русском городе Смоленске почти 100 %. Причиной этих катастроф стало антисанитарное состояние средневековых городов: скопление мусора, отходов, экскрементов на улицах.

Жители сваливали отходы в мусорные кучи, выбрасывали их через окна на улицу. Огромные поголовья крыс в городах приводили к быстрому распространению чумы. Ужасные последствия вызвало также распространение и других опасных болезней - холеры и оспы.

В восемнадцатом веке началась техническая революция, способствовавшая новым открытиям и развитию машин. Однако возросшая производительность заложила основу массового производства продукции и привела к росту промышленных отходов. В 1809 году Николас Апперт изобрел первую упаковку - сохранение пищи в стеклянных бутылках с пробковыми затычками. Более столетия для упаковки использовали стекло, дерево и бумагу.

К концу девятнадцатого века во многих европейских странах домашние отходы собирались ежедневно в передвижные мусорные корзины. Отходы сортировались вручную. Большая доля отходов перерабатывалась: стекло и металл возвращались продавцам, а золу от сжигания мусора использовали для производства стройматериалов. В 1929 году для упаковки стали использовать алюминиевую фольгу и целлофан. Упаковка стала играть важную роль в розничной торговле. В 1930-е годы было начато производство синтетических материалов из нефтепродуктов. В составе бытовых отходов впервые появились полимерные материалы, пластик. Во время Второй мировой войны необходимость обеспечения продуктами питания американских войск в Европе инициировала поток изобретений, которые ознаменовали «Великий рубеж» в торговле - появились промышленная расфасовка, улучшенное консервирование и одноразовые контейнеры для напитков.

В послевоенные годы европейские страны столкнулись с проблемой огромных антисанитарных и неконтролируемых свалок, особенно вокруг больших городов. В 1947 году в Англии был принят Акт о планировании городов и поселков, который дал властям возможность организовывать полигоны отходов, которые строились в максимально удобных местах. Однако при этом не учитывалось их влияние на окружающую среду, на последствия загрязнения водных источников.

Развитие общества потребителей и увеличение производства и потребления привели к резкому росту количества упаковки. Первое систематическое использование мусорных печей было опробовано в Англии в 1874 году. Сжигание сократило объем мусора на 70-90%, но увеличило загрязнение атмосферы. Кроме того, строительство мусоросжигательных печей требовало больших затрат по сравнению с более дешевым способом избавления от отходов - их захоронением. Захоронение отходов оказалось в числе наиболее популярных методов решения данной проблемы.

6.2. Экологическая опасность отходов

В настоящее время многие страны большую часть отходов вывозят на свалки (в РФ до 96-98%), значительная часть которых находится в неудовлетворительном санитарном состоянии.

Твердые отходы современного города содержат более 100 наименований чрезвычайно токсичных веществ, среди которых красители, пестициды, растворители, лекарства, отработанные машинные масла и фотохимикаты. С использованными термометрами, люминесцентными лампами, другими подобными приборами на свалки поступает ртуть - вещество чрезвычайно опасное, способное испаряться при низких температурах. Под воздействием микроорганизмов ртуть на свалках превращающаяся в метилртуть, которая при попадании через воду и пищу в организм человека может вызвать массовые отравления. Токсикологическую опасность представляют попадающие на свалки свинцовые аккумуляторы, в каждом из которых в среднем содержится от 8,5 до 9,5 кг свинца. Отходы медицинских и ветеринарных учреждений являются потенциальными источниками инфекционных заболеваний, источниками распространения гельминтофауны и других паразитов.

Атмосферные осадки, просачиваясь сквозь тело свалки, насыщаются ядовитыми продуктами распада органических и минеральных веществ, содержащихся в отходах. Этот сложный раствор загрязнителей (фильтрат) мигрирует в почву, окружающую свалку, проникает в грунтовые и поверхностные воды.

Состав и концентрация неорганических и органических загрязнителей в фильтрате определяется химическим составом складированных отходов, процессами анаэробного и аэробного разложения, происходящими в толще отходов, проницаемостью слоя отходов, интенсивностью атмосферных осадков, температурой окружающей среды. В составе фильтрата могут присутствовать бактерии кишечных инфекционных заболеваний, туберкулеза, столбняка, газовой гангрены, сибирской язвы. Постоянное использование загрязненных подземных вод приводит к резкому снижению иммунитета организма и развитию лейкозных заболеваний у человека и домашних животных. При этом концентрация многих веществ может не достигать значений, при которых одновременно погибает живое, а малыми дозами накапливаться в донных отложениях, в биоте, организме человека. Многие химические соединения (тяжелые металлы, полициклические ароматические и хлорорганические соединения) обладают кумулятивными свойствами, то есть могут долгое время без видимого ущерба накапливаться в организме человека и животных, приводя затем к таким трагическим последствиям, как перерождение тканей, генетические отклонения, снижение иммунитета.

Тяжелые металлы обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. Отходы из цветного металла, разбитая аккумуляторная батарея могут через несколько лет вызвать через близлежащий водоем, из которого поливают огороды, злокачественную опухоль - рак или мутагенные изменения. Большая часть бытовых отходов содержит различные органические материалы, в том числе пищевые остатки и бумагу. На свалках быстро формируются анаэробные условия, в которых протекает биоконверсия организмов. В результате этого процесса образуется биогаз (свалочный газ (СГ)), макрокомпонентами которого являются метан (40-70%) и диоксид углерода (30-60%). Обычно газогенерация заканчивается в свалочном теле в течение 10-50 лет, при этом удельный выход газа составляет 120-200 м³ на 1т ТБО. Наиболее интенсивно процесс образования свалочного газа протекает первые 5 лет, за которые выделяется около 50 % его полного запаса.

В свалочном газе содержатся также азот, кислород, водород, а в качестве микропримесей могут входить десятки различных соединений. В определенных концентрациях он токсичен и обычно обладает резким неприятным запахом. Свалочный газ горюч, его теплотворная способность составляет примерно 20000 кДж/м^3 . За рубежом СГ рассматривают как альтернативный источник энергии. В США его добычу считают коммерчески выгодной, там находятся самые крупные в мире станции по получению биогаза из городского мусора. Например, в пригороде Нью-Йорка такая станция производит в год до 110 млн м^3 газа. В Германии системы экстракции биогаза и его переработки действуют на 35 полигонах ТБО. В Великобритании число биогазовых промыслов составляет 25. Свободное распространение свалочного газа в окружающей среде может вызвать ряд негативных последствий: создать взрывопожароопасные условия в строениях, расположенных вблизи захоронений ТБО; стать причиной возгорания ТБО в местах их складирования. В безветренную погоду свалочный газ может накапливаться в значительных количествах в приземном слое атмосферы, создавая опасную ситуацию для находящихся в этой зоне людей. Свалочный газ оказывает негативное влияние на растительность, причиной этого становится насыщение газом порового пространства почвы и вытеснение из него кислорода. Кроме того, свалочный газ относится к числу так называемых «парниковых» газов, что делает его объектом пристального внимания мирового сообщества. Негативные воздействия свалочного газа на окружающую среду привели к тому, что правовые нормы большинства развитых стран предписывают владельцам полигонов предотвращать стихийное распространение свалочного газа.

При горении пластмасс и органики в дымовых газах мусоросжигательных заводов и в летучей золе образуются соединения класса диоксинов. Диоксин - это сильнейший яд, устойчивый во внешней среде. В почве он разлагается в течение двадцати лет, а в воде - до двух и более лет. Диоксины являются супертоксиантами, их токсичность в десятки тысяч раз больше, чем токсичность цианистого калия. Эти вещества несоизмеримо более опасны, чем известные канцерогены, например, бенз(а)пирен. Они оказывают разрушительное влияние на эндокринную и гормональную системы человека и животных, нарушают развитие иммунной системы, что увеличивает чувствительность организма к инфекционным заболеваниям. Диоксины имеют свойства подобно радиации накапливаться в организме человека, что приводит к мутации на генном уровне. Одна молекула этого вещества способна нарушить нормальную клеточную деятельность и вызвать цепь реакций, нарушающих функции организма. Диоксины воздействуют на иммунитет человека: увеличивается восприимчивость организма к инфекциям, возрастает частота аллергических реакций, онкологических и других тяжелых заболеваний. Токсичные газы со свалок способны распространяться на большие расстояния в направлении преобладающих ветров, а также вступать в реакцию с газообразными выбросами промышленных объектов, усугубляя экологическую обстановку.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что нет и не может быть одной универсальной технологии, способной абсолютно экологически безопасным способом переработать растущий мусорный поток. **В промышленно развитых странах сформировалась экологическая политика в отношении ТБО, основу которой составляют два положения.**

1. В современных условиях недопустимо бесконтрольное формирование количества и состава бытовых отходов, а также путей и технологий их переработки. Эти вопросы должны быть составной частью экологической и экономической политики государства.

2. Современные технологии переработки бытовых отходов должны обеспечивать максимальную регенерацию затрачиваемых на образование отходов энергетических и материальных ресурсов при их полной безопасности для населения и природы.

6.3. Общая характеристика отходов

6.3.1. Отходы производства и потребления

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

Проблема управления отходами является исторически важной задачей, так как отходы - это «остатки производства, годные для какой-нибудь цели» (Толковый словарь русского языка С. И. Ожегова). Действительно, границы между понятиями «сырье - отходы - вторичные ресурсы» условны и раздвигаются в зависимости от технико-экономических уровней производства, экономической целесообразности и технологической возможности комплексной переработки и использования исходного природного сырья.

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

Процесс управления отходами потребовал внедрения в практику ряда специфических **понятий и определений**. Рассмотрим некоторые из них.

Обращение с отходами - это такая деятельность, в процессе которой производится сбор, сортировка, транспортировка и размещение отходов, их использование и обезвреживание.

Размещение отходов - это хранение и захоронение их. В свою очередь, **хранение отходов** - это комплекс работ, обеспечивающих содержание отходов в объектах размещения в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования, **а захоронение отходов** - изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах, исключающих попадание вредных веществ в окружающую природную среду.

Использование отходов предусматривает применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии. **Обезвреживание отходов** представляет собой обработку отходов на специальных установках, в том числе их сжигание в целях предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

Под **объектом размещения отходов** следует понимать специально оборудованное сооружение, предназначенное для размещения отходов, например полигоны твердых бытовых отходов или хранилища.

Отходы, образующиеся в процессе деятельности предприятий и иных хозяйствующих объектов, обладающие опасными свойствами, подлежат обязательной паспортизации. **Паспорт на опасные отходы** составляется на основании данных о составе и свойствах опасных отходов с указанием кода отхода по Федеральному классификационному каталогу отходов. Воздействие отходов на окружающую среду зависит от их качественного и количественного состава. Отходы представляют собой неоднородные по химическому составу, сложные поликомпонентные смеси веществ, обладающие разнообразными физико-химическими свойствами. Неопределенность химического и вещественного состава отходов обусловлена взаимодействием компонентов, биологическим разложением и ассимиляцией веществ. На рис. 6.1 приведены характеристики отходов, позволяющие оценивать их как вредные и опасные для биосферы.



Рис. 6.1. Основные характеристики опасных отходов

Опасность отходов для окружающей среды возрастает в тех случаях, когда отходы производства и потребления обладают характеристиками, способствующими миграции их компонентов в окружающей среде: летучесть, высокая реакционная способность и др.

6.3.2. Классификация и характеристика твердых бытовых отходов

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, твердые бытовые отходы соответствуют коду группы 91000000 00 00 0 «Твердые коммунальные отходы», включающей отходы из жилищ, отходы потребления на производстве, подобные коммунальным, мусор от бытовых помещений организаций и строительный, отходы кухонь и предприятий общественного питания, отходы (мусор) от уборки территории и помещений объектов оптово-розничной торговли продовольственными и промышленными товарами, отходы (мусор) от уборки территории и помещений учебно-воспитательных, культурно-спортивных учреждений и зрелищных мероприятий, отходы от уборки территорий кладбищ, колумбариев, а также отходы сложного комбинированного состава в виде изделий, оборудования, устройств (электрическое оборудование, приборы, устройства и их части, отходы аккумуляторов, лампы (накаливания, люминесцентные, электронные и др.), провода изолированные, кабели и другие изолированные электрические проводники).

В городах и населенных пунктах происходит интенсивное накопление твердых бытовых отходов, которые при несвоевременном их удалении и обезвреживании могут загрязнять окружающую среду городских поселений.

По морфологическому признаку ТБО подразделяют на следующие компоненты: бумага (картон), пищевые отходы, дерево, металл (черный и цветной), текстиль, кость, стекло, кожа, резина, камни, полимерные материалы, прочие (неклассифицируемые части), отсев (уличный смет - размером менее 15 мм), а также, в некоторых случаях, лекарственные препараты и отходы лечебно-профилактических учреждений.

Морфологический состав твердых бытовых отходов существенно различается для разных стран и климатических зон. В табл. 6.1 представлены сравнительные данные о морфологическом составе ТБО в России и США. Из таблицы следует, что бумаги и картона на свалках России меньше, чем в США (20-36% и 40% соответственно), в то время как пищевых отходов значительно больше (20-38 % и 7,4 % соответственно).

Сезонные изменения состава ТБО в России характеризуются увеличением содержания пищевых отходов от 20-25 % весной до 40-55 % осенью, что связано с увеличением употребления овощей и фруктов в рационе питания. Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 20 % до 7 % в городах южной зоны и с 11 % до 5 % в средней зоне.

В последние годы наблюдается тенденция приближения состава ТБО в крупных городах России к составу ТБО в западных странах. Значительно увеличилась в ТБО доля цветных металлов за счет появления алюминиевых банок для напитков, возросло содержание пластмассовых упаковочных материалов.

С изменением в последние годы качества продуктов питания изменился состав пищевых отходов: если до 1991 года основную массу пищевых отходов составляли картофель, капуста и их очистки (до 70%) и только 10% - отходы и очистки фруктов (причем только летом и осенью), то в настоящее время при улучшении условий хранения картофеля сократилось содержание картофельных очистков и возросла доля очистков фруктов (апельсины, бананы и др.). Эта закономерность наблюдается во все сезоны года. При этом соотношение общего содержания органических веществ, включая отходы древесины, к общей массе ТБО практически не изменилось и колеблется в пределах 56-72%. Однако теплота сгорания ТБО довольно низка и колеблется от 5000 до 7000 кДж/кг. Влажность ТБО зависит главным образом от содержания в них пищевых отходов и составляет 40-50 %.

Следует отметить, что значительную часть твердых бытовых отходов составляют отходы упаковки. В конце 80-х - начале 90-х годов XX века в России на душу населения приходилось всего 9 кг упаковки, тогда как в Германии - 150 кг, в США и Японии - 250 кг. С появлением в России упаковочной отрасли и значительным ростом ввозимой готовой продукции из-за рубежа объемы отходов упаковки в твердых бытовых отходах составляют в настоящее время 70—80 %.

Таблица 6.1. Морфологический состав твердых бытовых отходов в России и США (проценты)

Наименование компонентов ТБО	Россия	США
Бумага и картон	20-36	40
Стекло	5-7	7
Металлы	2-3	8,5
Пластмасса	3-5	8
Текстиль	3-6	2,1
Резина и кожа	1,5-2,5	2,5
Древесина	1-4	3,6
Пищевые отходы	20-38	7,4
Другое	10-35,5	20,9

Υβλλογ	10-32,2	50,8
υπολειμμα συσκευ	70-80	70

Гранулометрический состав ТБО оказывает влияние на технологию сбора, транспортировку, выбор оборудования для мусороперерабатывающих заводов. В табл. 6.2 приведены данные о гранулометрическом составе ТБО в Москве.

Таблица 6.2. Гранулометрический состав компонентов ТБО

Наименование компонентов ТБО	Гранулометрический состав, %, по размерам, мм				
	>250	150-250	100-150	50-100	<50
Пищевые отходы	—	0-1	2-10	7-16	17-21
Бумага, картон	3-8	8-10	9-11	7-8	2-5
Дерево	0,5	0-0,5	0-0,5	0,5	0-0,5
Металл	—	0-1	0,5-1	0,8-1,6	0,3-0,5
Текстиль	0,2-1,3	1-1,5	0,5-1	0,3-0,8	0-0,6
Кости	—	—	—	0,3-0,5	0,5-0,9
Стекло	—	0-0,3	0,3-1	1-2	1-1,6
Кожа, резина	—	0-1	0,5-2	0,5-1,5	—
Камни	—	—	0,2-1	0,5-1,8	0,5-2
Пластмасса	0-0,2	0,5-1	1-2,2	1-2,5	0,2-0,5
Прочие	0-0,3	0,2-0,6	0-0,5	0-0,4	0-0,5
Отсев менее 15 мм	—	—	—	—	4-6
ВСЕГО:	7,0	13,3	22,1	25,3	32,3

ВСЕГО:	7,0	13,3	22,1	25,3	32,3
Отсев менее 15 мм	—	—	—	—	4-6

6.3.3 Нормы накопления твердых бытовых отходов

Количество твердых бытовых отходов в России по состоянию на 2005 год составило более 35 млн. т. Основная масса ТБО вывозится из городских поселений на свалки и полигоны ТБО, занимающие в стране свыше 40 тыс. га земли; кроме того, около 50 тыс. га составляет площадь закрытых (заполненных) свалок и полигонов для ТБО. Ежегодно для захоронения ТБО отчуждается около 1 тыс. га, что, несомненно, убыточно для экономики государства.

Количество отходов существенно зависит от уровня жизни населения. Уровень жизни населения можно охарактеризовать индексом отходов (отношение массы бытовых отходов к общему количеству отходов общества) *WI (Wastes Index)*. Этот индекс для разных стран имеет следующие показатели: Германия - 0,26; Англия - 0,26; США - 0,23; Франция - 0,23; Япония - 0,19; Польша - 0,030; Россия - 0,025. Приведенные данные показывают, что при достижении в нашей стране уровня жизни развитых стран количество бытовых отходов может возрасти в 10 раз.

Норма накопления - это количество отходов (кг, л, м³), образующихся на расчетную единицу (для жилищного фонда - 1 человек, гостиницы - 1 место, магазины и склады - 1 м² торговой площади и т. д.) в единицу времени (день, год). Нормы накопления рассчитываются отдельно для жилых зданий и учреждений и предприятий общественного назначения (общественного питания, учебных, зрелищных, гостиниц, детских садов и др.). На величину нормы накопления влияют следующие факторы:

- степень благоустройства жилого фонда (наличие мусоропроводов, газа, водопровода, канализации, системы отопления);
- этажность зданий;
- вид топлива при местном отоплении;
- развитие общественного питания и культура торговли;
- степень благосостояния населения;
- климатические условия; специфика питания и др.

Для крупных городов нормы накопления несколько выше, чем для средних и малых городов. Нормы накопления учреждений и предприятий общественного назначения в крупных городах составляют 30-50 % от норм накопления для жилых зданий. Фактические нормы накопления ТБО определяются для каждого конкретного поселения. Среднесуточная норма накопления ТБО в городах России составляет в благоустроенных жилых зданиях 0,52 кг/чел, или 0,96 м³/чел при плотности 0,2 т/м³. Максимальный коэффициент суточной неравномерности накопления ТБО (неравномерность поступления в контейнеры) составляет 1,26. В табл. 6.3 и 6.4 приведены ориентировочные нормы накопления ТБО в России для жилых зданий и объектов общественного назначения. Средняя норма сбора пищевых отходов у населения составляет 30 кг/чел в год.

Таблица 6.3. Ориентировочные нормы накопления ТБО в России

Классификация жилого фонда	Норма накопления ТБО на 1 чел.		Средняя плотность ТБО, кг/м ³
	кг/год	м ³ /год	
Благоустроенные жилые дома: при отборе пищевых отходов без отбора пищевых отходов	180–200	0,9–1,0	190–200
	210–255	1,0–1,1	200–220
Неблагоустроенные жилые дома без отбора пищевых отходов	350–450	1,2–1,5	300
Благоустроенные жилые и общественные здания в городах с населением более 100 тыс. чел.	260–280	1,4–1,5	190

Таблица 6.4. Ориентировочные нормы накопления ТБО от отдельно стоящих объектов общественного назначения

Источник образования отходов	Расчетная единица	Норма накопления		Плотность, кг/м ³
		кг/год	м ³ /год	
Гостиница	на 1 место	120	0,7	170
Детский сад	на 1 место	95	0,4	240
Школа, вуз	на 1 учащегося	24	0,12	200
Театр, кинотеатр	на 1 место	30	0,2	150
Учреждение	на 1 сотрудника	40	0,22	180
Продовольственный магазин	на 1 м ² торговой площади	160–250	0,8–1,5	160–190
Промтоварный магазин	на 1 м ² торговой площади	80–200	0,5–1,3	150–160
Рынок	на 1 м ² торговой площади	100–200	0,6–1,3	160–170
Санаторий, дом отдыха	на 1 место	250	1	250
Вокзал, автовокзал, аэропорт	на 1 м ² торговой площади	125	0,5	250

Нормы накопления вводятся на основании решения местных органов власти. Уточнение норм ТБО целесообразно проводить каждые 5 лет. Норма накопления ТБО возрастает в год примерно на 0,3-0,5 % по массе и на 0,6-1,2 % по объему.

6.3.4. Физические свойства твердых бытовых отходов

Важным показателем физических свойств твердых бытовых отходов является их *плотность*. *Плотность ТБО* благоустроенного жилищного фонда в весенне-летний сезон (в контейнерах) составляет 0,18-0,22 т/м³; в осенне-зимний период – 0,20-0,25 т/м³. Для различных городов среднегодовое значение плотности ТБО колеблется от 0,19 до 0,23 т/м³.

Удельная теплоемкость ТБО и компоста $C_{тбо}$, Дж/кг·С°, зависит от влажности W , % и определяется по формуле:

$$C_{тбо} = 21,9 W + 2000 \quad (6.1)$$

Твердые бытовые отходы обладают *механической (структурной) связностью* благодаря волокнистым фракциям (текстиль, проволока и др.) и *сцеплениям*, обусловленным наличием влажных липких компонентов. Вследствие связности ТБО обладают склонностью к комообразованию и не просыпаются в неподвижную решетку с ячейкам менее 20-30 мм (критический размер ячейки). Твердые бытовые отходы могут налипать на металлическую стенку с углом наклона к горизонту до 65-70°.

Благодаря наличию твердых балластных фракций (керамика, стекло) ТБО обладают *абразивностью*, то есть свойством истирать соприкасающиеся с ними поверхности. Твердые бытовые отходы обладают *слеживаемостью*, то есть при длительной неподвижности теряют сыпучесть и уплотняются (с возможностью выделения фильтрата) без всякого внешнего воздействия. При длительном контакте с металлом ТБО оказывают на него корродирующее воздействие из-за высокой влажности и наличия в фильтрате растворов различных солей.

При проектировании установок для прессования ТБО необходимо знать *компрессионную характеристику* материала, то есть зависимость степени уплотнения ТБО от прилагаемого давления. В зависимости от нагрузки свойства ТБО меняются следующим образом. При повышении давления до 0,3-0,5 МПа происходит ломка различного рода коробок и емкостей.

Объем ТБО (в зависимости от его состава и влажности) уменьшается в 5-8 раз, плотность возрастает до 0,8-1,0 т/м³. В пределах этой стадии работают прессовые устройства, применяемые при сборе и удалении ТБО. При повышении давления до 10-20 МПа происходит интенсивное выделение влаги (до 90 % всей содержащейся в ТБО влаги). Объем ТБО снижается еще в 2-2,5 раза при увеличении плотности в 1,3-1,7 раза (табл. 6.5).

Таблица 6.5. Компрессионная характеристика ТБО

Способ прессования	Давление, МПа	Степень уплотнения
При сборе		
Прессование «сухих» отходов учреждений, торговых предприятий	0,1–0,2	3–6 раз
При транспортировке		
Прессование в мусоровозе	0,02–0,1	1,5–3 раза
Прессование при перегрузке	0,03–0,06	2–2,5 раза
При переработке и захоронении		
Изготовление крупногабаритных блоков для захоронения в море	5-30	10 раз
Прессование на специальных весах при захоронении на полигонах	5-10	8-10 раз
Послойное уплотнение на полигонах	0,1	3-4 раза

Спрессованный до такого состояния материал на некоторое время стабилизируется, так как содержащейся в материале влаги недостаточно для активной деятельности микроорганизмов и доступ кислорода в массу затруднен.

6.4. Управление отходами

6.4.1. Комплексное управление отходами

Комплексное управление отходами (КУО) начинается с изменения взгляда на то, чем являются бытовые отходы. Известному эксперту по проблеме отходов Полу Коннетту принадлежит краткая афористическая формулировка, выражающая этот новый взгляд: «Мусор - это не вещество, а искусство - искусство смешивать вместе разные полезные вещи и предметы, тем самым определяя им место на свалке». Традиционные подходы к проблеме ТБО ориентировались на уменьшение опасного влияния на окружающую среду путем изоляции свалки от фунтовых вод, очистки выбросов мусоросжигательного завода и т. д. Нетрадиционный взгляд на проблему состоит в том, что гораздо проще контролировать то, что попадает на свалку, чем то, что попадает со свалки в окружающую среду. Основа концепции комплексного управления отходами основывается на том, что компоненты бытовых отходов не должны в идеале смешиваться между собой, а должны утилизироваться отдельно друг от друга наиболее экономичными и экологически приемлемыми способами.

Система управления отходами, формируемая и развивающаяся в РФ в настоящий момент, базируется на основных управляющих методах, взаимно дополняющих друг друга. Комплексное применение управляющих методов составляет основу экологически ориентированной социально-экономической политики государства (рис. 6.2).

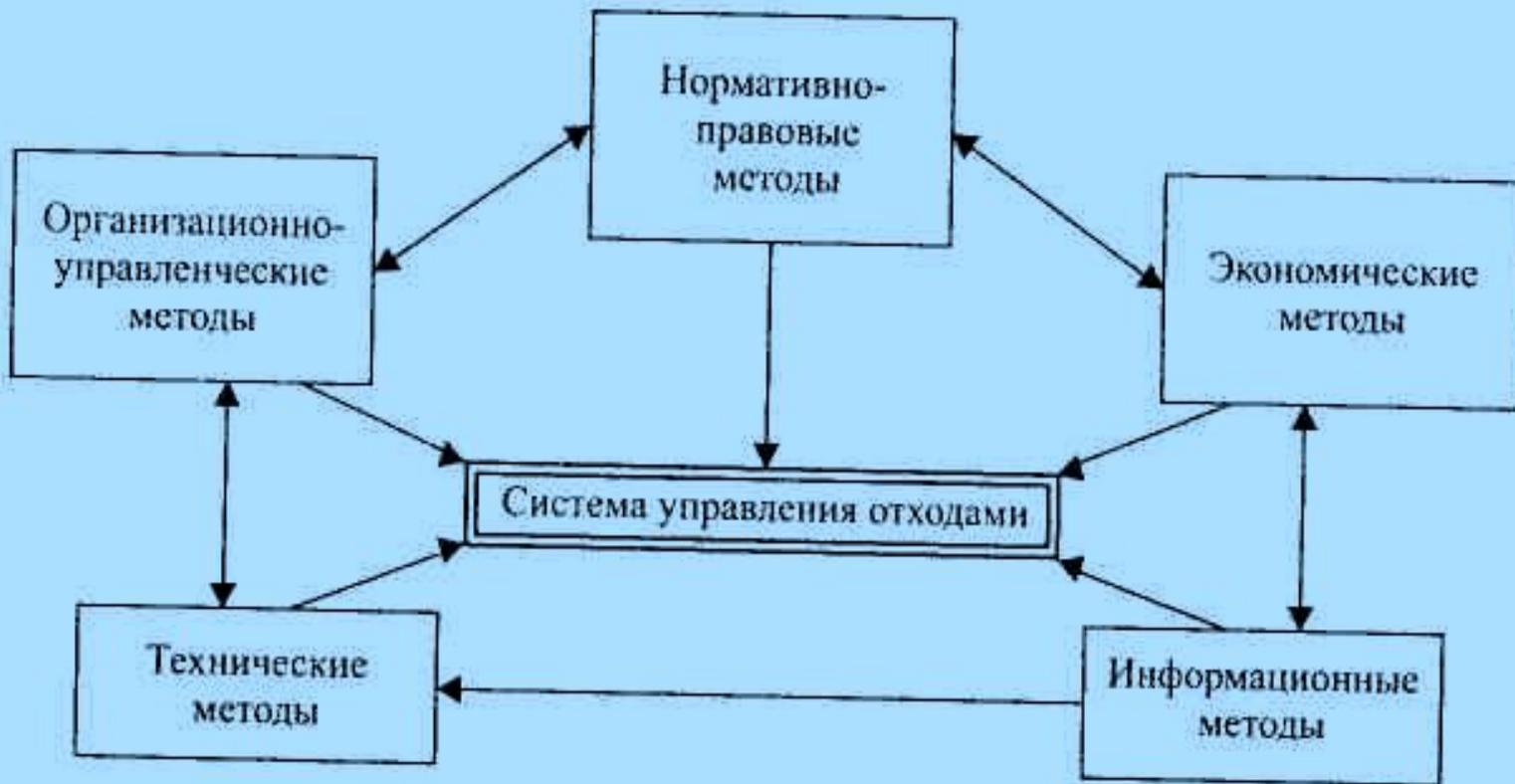


Рис. 6.2. Методы систем управления отходами

Рис. 6.2. Методы систем управления отходами

Нормативно-правовые основы управления отходами

Основу любой системы управления составляет нормативно-правовая база, определяющая алгоритм деятельности. В случае обращения с отходами таким алгоритмом служит экологическое законодательство. Основным документом, регламентирующим экологическую защитную деятельность, является Федеральный закон «Об охране окружающей среды», в развитие которого принят закон РФ «Об отходах производства и потребления». Правовое регулирование в области обращения с отходами осуществляется также законами и иными нормативными и правовыми актами субъектов РФ. В законе РФ «Об отходах производства и потребления» впервые сформулированы следующие основные принципы государственной политики в области обращения с отходами:

- научно-обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества;
- использование новейших научно-технических достижений в целях реализации малоотходных и безотходных технологий;
- использование методов экономического регулирования деятельности в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;
- доступ к информации в области обращения с отходами.

Следовательно, одним из приоритетных направлений деятельности в области обращения с отходами является уменьшение их количества. Кроме того, в законе разделены полномочия Российской Федерации и ее субъектов. При этом предусмотрено усиление роли органов местного самоуправления. В законодательном порядке определены условия нормирования государственного учета и отчетности, сформулированы основные принципы экономического регулирования и определен порядок государственного, производственного и общественного контроля. Установлена ответственность за нарушение законодательства РФ в области обращения с отходами.

Экономические методы управления отходами

В условиях рыночных механизмов регулирования экономических отношений каждое предприятие, обращающееся с отходами, должно сформировать систему управления, обеспечивающую ему высокую эффективность и экологическую безопасность. Среди экономических рычагов и регуляторов природоохранной деятельности основное место занимает плата за загрязнение окружающей среды. Плата за загрязнение представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, а также за размещение отходов на территории РФ. Плата за загрязнение возмещает следующие затраты:

- компенсация воздействия на природу загрязняющих веществ;
- стимулирование снижения или поддержания выбросов и сбросов в пределах нормативов;
- утилизация отходов;
- проектирование и строительство природоохранных объектов.

Для определения размера платежей за вредные выбросы в окружающую среду установлены базовые нормативы платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов производства и потребления, которые включают:

- нормативы платы за выбросы в атмосферу загрязняющих вредных веществ от стационарных и передвижных источников;
- нормативы платы за сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные системы;
- нормативы платы за размещение отходов.

Установлены следующие виды базовых нормативов платы:

- за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, другие виды вредного воздействия в пределах допустимых нормативов (ПДВ, ПДС);

- за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, другие виды вредного воздействия в пределах установленных лимитов (временно - согласованных нормативов).

Базовые нормативы платы за размещение отходов определяются умножением удельных затрат за размещение единицы (массы) отходов IV класса токсичности на показатели, учитывающие классы токсичности отходов и на коэффициент индексации платы. Показатели относительной опасности веществ A_j рассчитываются на основе нормативных документов «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения»:

$$A_j = \text{ПДК } j \quad (6.2)$$

где ПДК: для атмосферного воздуха - предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК_{сс}), а для водных объектов - предельно допустимая концентрация в воде рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{рх}); j - индекс загрязняющего вредного вещества.

Плата за загрязнение окружающей природной среды в бесспорном порядке взимается с предприятий, учреждений, организаций и других юридических лиц независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, на которых они основаны. Платежи за загрязнение природной среды являются важнейшими элементами общей системы регулирования состояния окружающей среды. Они должны иметь строгое целевое назначение, быть тесно увязаны с экологическими ограничениями и регламентациями режимов природопользования и выступать в качестве экономических рычагов реализации целей экологических программ.

Важнейшим рычагом экономического регулирования является стимулирование деятельности в области обращения с отходами. Для этого в законодательном порядке предусмотрены следующие меры:

- понижение размера платы за размещение отходов индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, осуществляющим деятельность, в процессе которой образуются отходы, при внедрении ими технологий, обеспечивающих уменьшение количества отходов;
- применение ускоренной амортизации основных производственных фондов, связанных с осуществлением деятельности в области обращения с отходами;
- применение поощрительных цен и добавок за экологически чистую продукцию;
- введение специального налогообложения экологически вредной продукции;
- применение льготного кредитования предприятий, эффективно осуществляющих охрану окружающей природной среды.

Организационно-управленческие методы обращения с отходами

В основе организационно-управленческих методов обращения с отходами лежит аспект устойчивого развития РФ. В этой связи необходима разработка и реализация программ управления отходами для каждого региона и интеграция этих программ при разработке государственной политики в области обращения с отходами.

Организационные структуры, механизмы разработки и принятия решений на различных уровнях управления должны быть ориентированы на соответствующие приоритеты с учетом следующих критериев:

- никакая хозяйственная деятельность не может быть оправдана, если выгоды от нее не превышают вызываемого ущерба;
- ущерб окружающей среды должен быть на столь низком уровне, какой только может быть разумно достигнут с учетом экономических и социальных факторов.

На рис. 6.3 представлена идеология построения системы управления отходами, которая базируется на общих законах построения таких систем и реализуется в ряде регионов РФ. Схема принятия управляющих решений представляет собой многоуровневую схему (рис. 6.4). Уровень оценки ситуации опирается на определение экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого окружающей среде.

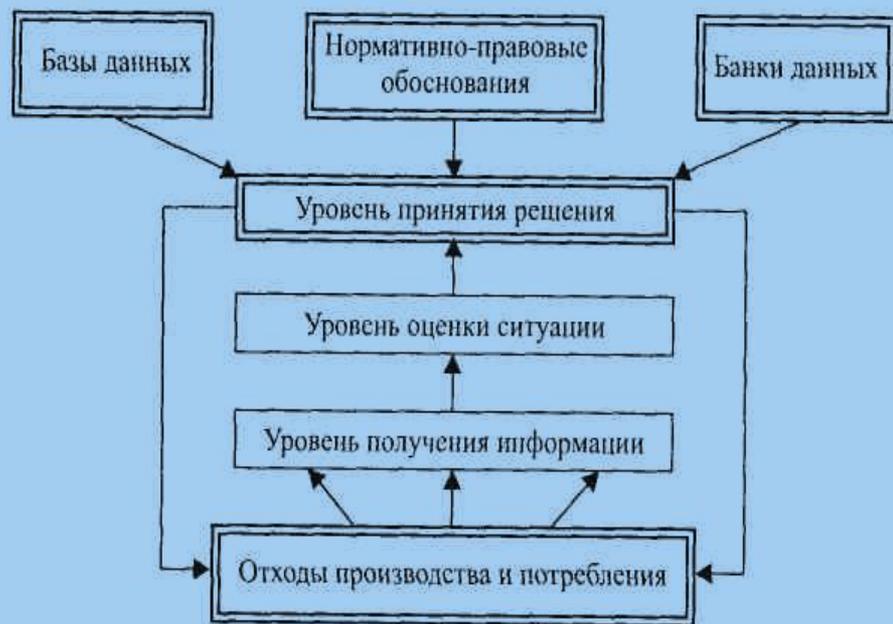


Рис. 6.3. Идеология построения системы управления отходами

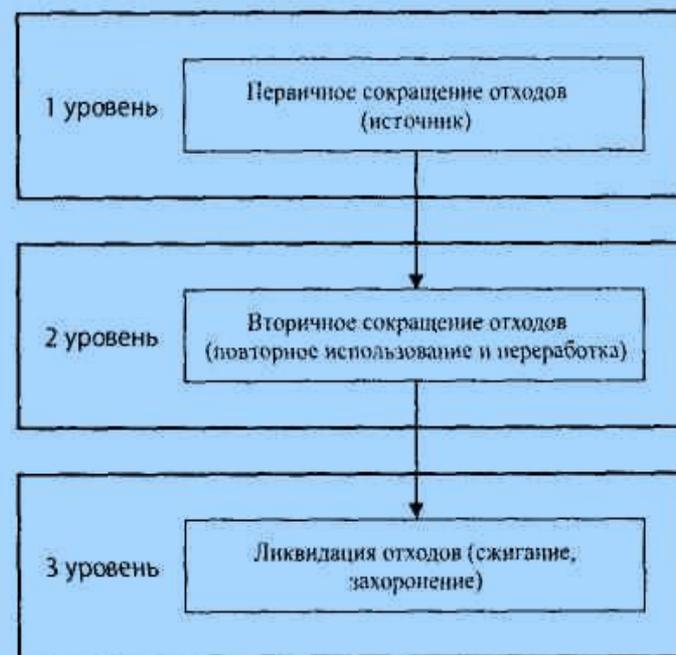


Рис. 6.4. Иерархия комплексного управления отходами

Рис. 6.3. Идеология построения системы управления отходами

3 уровень

ликвидация отходов (сжигание)

В ряде случаев необходима также оценка риска здоровью населения. Принятию решений в сложных вопросах, как правило, предшествует системный анализ влияния хозяйственной деятельности на экосистему, позволяющий оптимизировать принимаемое решение.

В рамках программы комплексного управления отходами предполагается, что поселение или городской округ выбирают подходы к решению проблемы ТБО в зависимости от своих специфических местных условий и ресурсов.

Однако в любом случае при определении целей программы и планировании стратегии в обращении с отходами целесообразно базироваться на определенной иерархии комплексного управления отходами. Такая иерархия подразумевает, что в первую очередь должны рассматриваться мероприятия по первичному сокращению отходов, а затем по вторичному сокращению: повторному использованию и переработке оставшейся части отходов. В самую последнюю очередь рассматриваются мероприятия по утилизации или захоронению тех отходов, возникновения которых не удалось избежать и которые не поддаются переработке во вторсырье (см. рис. 6.4).

Первичное сокращение отходов - это сокращение отходов «у источника их образования» на самом верху иерархии комплексного управления отходами. Под сокращением понимается не только уменьшение общего количества отходов, но и уменьшение их токсичности и иных вредных свойств. Сокращение отходов достигается вследствие переориентации производителей и потребителей на продукты и упаковку, приводящие к меньшему количеству отходов. Вторичная переработка (включая компостирование) - это вторая ступень рассматриваемой иерархии. Вторичная переработка (рециклинг) не просто сохраняет место на свалках, но и улучшает эффективность мусоросжигания путем удаления из общего потока отходов несгораемых материалов.

На самом нижнем уровне в иерархии находятся захоронение на полигонах и сжигание ТБО. Мусоросжигание уменьшает объем отходов, попадающих на свалки, и в некоторых случаях может использоваться для производства электроэнергии. Хотя сжигание отходов с целью их ликвидации - это технология прошлого, современные мусоросжигательные установки, оборудованные системами очистки выбросов и используемые в комбинации с другими методами, могут помочь справиться с потоком мусора, особенно в густонаселенных районах.

6.4.2. Система управления отходами

Термин «управление отходами» шире понятий «переработка», «утилизация» и «обращение с отходами», так как включает организацию сбора отходов, их переработку, сжигание, захоронение, а также мероприятия по уменьшению количества отходов.

Принципы комплексного управления отходами заключаются в следующем:

1. ТБО состоят из различных компонентов, к которым должны применяться различные подходы к обращению с ними.
2. Для утилизации каждого компонента ТБО должна использоваться своя технология, но технологии должны разрабатываться в комплексе, дополняя друг друга.
3. Муниципальная система утилизации ТБО должна разрабатываться с учетом конкретных местных проблем.

Участие городских властей, а также групп населения, то есть производителей мусора, - необходимый элемент любой программы по решению проблем с ТБО. На рис. 6.5 показана структурная схема обращения с отходами потребления (твердые бытовые отходы).



Рис. 6.5. Структурная схема обращения с отходами потребления

Рис. 6.2. Структурная схема обращения с отходами потребления

Сбор твердых бытовых отходов

В последние годы количество мусора растет огромными темпами. В индустриально развитых странах усиливается стремление выпускать недолговечные предметы, особенно разового использования. Памперсы, пакеты, банки, бутылки и другие предметы разового использования из бумаги, дешевые недолговечные рубашки, платья, вышедшие из моды, быстро наполняют мусорные корзины. Масса такого мусора, ежегодно выбрасываемого, например, французами, в 600 раз превышает массу Эйфелевой башни.

Сбор отходов является дорогостоящим компонентом процесса утилизации, поэтому правильная его организация может сэкономить значительные средства.

Основными система сбора и удаления ТБО является контейнерная система «сменяемых» и «несменяемых» контейнеров. При контейнерной «сменяемой» системе отходы вывозят вместе с контейнерами, а на их место устанавливают порожние чистые контейнеры. При «несменяемой» системе отходы выгружают непосредственно в мусоровозные машины, а контейнеры после опорожнения устанавливают на место.

Сбор и удаление бытовых отходов в городах и населенных пунктах России осуществляется специальными предприятиями в сроки, предусмотренные нормами.

Система сбора и удаления ТБО включает в себя:

- подготовку отходов к погрузке в собирающий мусоровозный транспорт;
- организацию временного хранения отходов в домовладениях и мусороперегрузочных станциях;
- сбор и вывоз ТБО с территорий домовладений и организаций.

Периодичность удаления ТБО определяется в зависимости от сезона года, климатической зоны, эпидемиологической обстановки, согласовывается с местными учреждениями санитарно-эпидемиологического надзора и утверждается решением местных административных органов.

Как правило, устанавливают следующие сроки удаления ТБО:

- с территорий домовладений - не реже 1 раза в 3 дня;
- с территорий домовладений с особым режимом или в южной зоне - ежедневно.

Периодичность санитарной обработки сборников:

- для северной (летний период) и средней зон - 1 раз в 15 дней;
- для южной зоны - 1 раз в 10 дней. Мойка сборников должна производиться жилищно-эксплуатационными и другими организациями.

Раздельный сбор отходов

Продукт становится мусором тогда, когда он смешивается с другими продуктами. Контейнер, наполненный пустыми бутылками, - это не мусор, а коммерческий продукт - сырье для промышленности. Выход из «мусорного кризиса» заключается в уменьшении массы складироваемых отходов путем организации их комплексной переработки. Бытовые отходы содержат 20-40% макулатуры, до 40% пищевых отходов, 2-5 % цветных и черных металлов и по 4-6 % стекла, пластмасс и текстиля. В США подсчитано, что металлы, извлеченные из ТБО, могут обеспечить национальную потребность в железе на 7%, в алюминии - на 8 %, в олове - на 19 %. Расходы на сбор и сортировку ТБО в несколько раз ниже, чем на добычу и переработку сырьевых материалов, из которых получают бумагу, текстиль, полимерные материалы и различные металлы, содержащиеся в мусоре. Современные технологии позволяют переработать до 80 % бытовых отходов и снизить расходы на их захоронение. Следующим этапом в решении «мусорной» проблемы является организация переработки отдельных компонентов бытовых отходов.

Возможные подходы к разделению отходов находятся между двумя позициями: «технической» и «социальной». Первая позиция - это некая идеальная фабрика, на входе которой находится неразобраный поток ТБО, а на выходе - поток материалов, удовлетворяющих требованиям рынка, и поток материалов, идущий на свалку. Вторая позиция - население само разделяет свои отходы, доводит перерабатываемую часть до рыночной кондиции (моет бутылки, удаляет крышки и т. д.), после чего отходы сдают на переработку.

Первый путь в чистом виде осуществить очень сложно. Сортировка потока ТБО подходит как метод получения обогащенного топлива для мусоросжигательных заводов (МСЗ) и решает задачи извлечения вторсырья (например, металлов), но как метод, имеющий основной целью выделение вторсырья из общего потока мусора, не всегда годится. Очень трудно отделить пластик от бумаги, бутылочное стекло окажется перемешанным с оконным и т. д. Качество материалов, полученных из общей влажной и грязной смеси, будет невысоким.

С чисто технической точки зрения качественно разделить поток мусора можно с помощью машинных технологий или путем ручной разборки, но тогда процесс окажется дорогим и это сделает такую деятельность невыгодной. Издержки при таком способе разделения мусора будут ниже, если мусор разделять или точнее не смешивать с начала его пути к местам переработки или складирования.

В развитых странах разделение отходов производителями считается более приемлемым, чем технологическое разделение по следующим причинам:

- меньше затрат на переработку отходов;
- большая вероятность получения коммерческого продукта из отходов;
- в решении проблемы ТБО принимают участие непосредственные производители отходов.

Сортировка мусора у истока накопления устраняет возможность смешения отходов и воздействия на природу при захоронении на полигоне опасных отходов, образующихся в быту использованных электрических элементов питания, лакокрасочных материалов, ртутьсодержащих бытовых приборов и т. д.

Система раздельного (селективного) сбора компонентов ТБО развита в европейских странах - Дании, Голландии, Германии и др. Формирование экологической инициативы населения рассматривается как один из определяющих факторов развития системы селективного сбора. В законодательном порядке развитые страны вводят обязательства по сбору отдельных видов отходов. Например, во Франции с 2002 года запрещен прием несортированных отходов для любых видов их переработки и захоронения. Нидерланды ввели запрет на захоронение органических отходов для повышения эффективности их раздельного сбора с последующим компостированием. Однако рециклинг компонентов отходов из-за его технологической сложности растет медленно.

Среди европейских государств к концу 90-х годов прошлого века процент перерабатываемых отходов колебался от 6 во Франции до 39 % в Нидерландах. Важным и принципиальным аспектом обозначенной проблемы является формирование рынков изделий из отходов, что становится основным ограничителем рециклинга как материализации идеи селективного сбора. Если нет рынка вторичного сырья и материалов, то не будет развиваться система раздельного сбора. Необходимы стимулирующие программы и осознание проблемы обществом, чтобы способствовать формированию рынков с подключением частного предпринимательства.

В России распространено мнение о невозможности осуществления селективного сбора бытовых отходов. Основной причиной этого называют национальные особенности менталитета.

Если эта идея была бы утопией, то прагматичный Запад ей бы не следовал. Оказавшись в начале 70-х годов прошлого столетия перед угрожающим фактом роста объемов ТБО, западные страны начали проводить направленную политику, воспитывая чувство ответственности за состояние окружающей среды и в том числе прививая навыки и привычку селективного сбора отходов.

Существуют различные способы разделения отходов населением. Во многих штатах США раздельный сбор отходов обеспечивают в два контейнера: в первый - отходы, которые могут быть использованы как вторсырье, во второй - все остальные. Отходы вторсырья вывозятся на специальные фабрики для сортировки на категории.

Привлечение населения к разделению ТБО является наиболее трудной задачей для служб коммунального хозяйства. Зарубежный опыт показывает, что для обеспечения активного участия общественности в программах сбора вторсырья необходимо выполнение следующих условий:

- постоянная просветительская работа среди населения;
- обращение к населению с разъяснением вопросов о времени и месте сбора вторсырья, подготовке отходов к сбору;
- организация четкой регулярной работы служб вывоза, сбыта и переработки вторсырья.

Технические средства для сбора и вывоза отходов

В отечественной практике для сбора ТБО применяются металлические сборники-контейнеры различной вместимости от 100 до 800 л. Контейнеры вместимостью 55 и 75 л, как правило, стационарные. Контейнеры вместимостью 30, 60 и 80 л имеют колеса и могут устанавливаться под каналом мусоропровода. За рубежом наибольшее распространение получили пластмассовые сборники вместимостью до 240 л. Срок службы таких сборников 8 лет. Сборники вместимостью 1100 л с колесами и крышкой изготавливаются из стального оцинкованного листа.

Площадки под контейнеры должны быть удалены от жилых домов и детских учреждений на расстояние не менее 20 и не более 100 м. Площадки должны иметь ровное асфальтовое или бетонное покрытие с уклоном в сторону проезжей части и быть ограждены.

Вывоз мусора производится специальным автотранспортом, к которому также относятся машины для мойки и дезинфекции контейнеров, различные мусоровозы, а также машины для вывоза жидких бытовых отходов.

Сегодня подавляющее большинство европейских мусоровозов - это традиционные машины с загрузкой сзади. Помимо водителя, их обслуживают 1-2 человека, стоящие сзади на специальных подножках. В последнее время получили распространение мусоровозы с боковой погрузкой и одним водителем-оператором.

В России наибольшее распространение получили мусоровозы марок КО, МКЗ, МКМ, МКТ, МС «Сокол» на автомобильных шасси ГАЗ, КАМАЗ, ЗИЛ. Мусоровозы типа КО различных модификаций предназначены для механизированной погрузки ТБО из стандартных контейнеров в кузов, их уплотнения, транспортирования и механической выгрузки. Широко используются мусоровозы с уплотнительными устройствами типа Norba VM-500, RIKO, FAUN.

В мировой и отечественной практике наблюдается тенденция замены прямого вывоза ТБО двухэтапным с использованием мусороперегрузочных станций. Эта технология активно внедряется в крупных городах, в которых полигоны ТБО расположены на значительном расстоянии. Двухэтапная система включает в себя следующие технологические операции:

- сбор ТБО в местах накопления;
- вывоз ТБО собирающими мусоровозами на мусороперегрузочную станцию (МПС);
- перегрузка ТБО в большегрузные транспортные средства;
- перевозка ТБО к местам их захоронения или утилизации;
- выгрузка ТБО.

Использование МПС позволяет:

- сортировать ТБО;
- снизить расходы на транспортирование ТБО;
- уменьшить количество собирающих мусоровозов;
- сократить суммарные выбросы в атмосферу от мусоровозного транспорта;
- улучшить технологический процесс складирования ТБО.

МПС могут быть с уплотнением и без уплотнения отходов. Компоновочные схемы МПС с применением стационарных уплотнителей предусматривают двухъярусные сооружения: верхнюю площадку для разгрузки собирающих мусоровозов и нижнюю с уплотнителем и кузовом-контейнером. Такого типа МПС с использованием прессового оборудования работают в Москве. Двухуровневые станции построены в Перми, Краснодаре, Владимире.

Сортировка твердых бытовых отходов

Можно считать, что все отходы потребления потенциально являются вторичными материальными ресурсами. Основной проблемой в переработке вторсырья является не отсутствие технологий переработки (современные технологии позволяют переработать до 90% общего количества отходов), а отделение компонентов вторичного сырья от мусора и разделение ингредиентов мусора. Извлечение вторсырья из сформированного потока отходов является наиболее дорогим и сложным. Небольшие неавтоматизированные линии ручной сортировки на 5-20 сортировщиков за рубежом стоят около 500 тыс. долларов, а мощные автоматизированные установки - до 1,5 млн долларов. В странах Европы и Северной Америки утилизация ТБО обходится в среднем чуть более 100 долларов за тонну. В США общая плата за вывоз и утилизацию ТБО составляет более 200 долларов за тонну

В настоящее время применяются следующие способы сепарации твердых бытовых отходов:

- магнитная сепарация, применяемая для извлечения ферромагнетиков;
- электродинамическая сепарация для извлечения цветных металлов;

- аэродинамическая сепарация, основанная на различной плотности составляющих ТБО, для извлечения макулатуры, текстиля, полимерной пленки и тому подобных материалов;
- баллистическая сепарация, основанная на различной упругости компонентов ТБО, для извлечения, например, стекла;
- гидросепарация (флотационный метод).

Для повышения эффективности сепарационных методов отходы дробят и просеивают с помощью специальных устройств - грохотов.

Серийный выпуск сортировочного оборудования для мусороперерабатывающих станций (МПС) в России освоен в начале 70-х годов прошлого века, однако общий объем перерабатываемых отходов составляет не более 1 % от образуемых. В нашей стране широко применяется технология, предусматривающая разделение всей массы ТБО на две части: органическую и остальную. Органическая часть ТБО подвергается промышленному компостированию, основная продукция которого - органическое удобрение, содержащее не менее 1% азота, 0,6 % фосфора, 0,3 % калия и 2,5 % кальция. Некомпостируемые отходы подвергаются термическому уничтожению. Российское предприятие «Экотехника» выпускает комплекс сортировочного оборудования производительностью 40 000 тонн в год, позволяющее выделить из бытовых отходов металл, стекло, бумагу, утиль, пластмассу, пищевые отходы, строительный мусор. Технология включает следующие основные операции: предварительная сушка при 130°C, ультрафиолетовое обеззараживание, ручная сортировка, пакетирование или измельчение выделенных компонентов. На рис. 6.6 представлена принципиальная схема сортировки ТБО.



Рис. 6.6. Принципиальная схема сортировки отходов на мусороперегрузочной станции

Для организации утилизации традиционно перерабатываемых компонентов бытовых отходов и при наличии в регионе технических возможностей по их переработке потребуется решить следующие проблемы их подготовки к переработке.

Металлолом. В бытовом мусоре находится 4-5 % железа. Скрап для сталеплавильного производства должен содержать не менее 90% железа, а извлеченный из мусора скрап содержит только 60-70 % железа. Поэтому для использования в металлургии железа, извлеченного из отходов, необходимы специальные шредерные (разделительные) установки для очистки скрапа и применение обжига для удаления органических примесей (масло, жир и г. д.).

Жесть. Жесть, извлеченная из бытовых отходов, может быть использована для изготовления контейнеров и посуды. Однако жестяные консервные банки на свалке, как правило, грязные, забитые гниющими пищевыми отходами. Получение жести из ТБО за рубежом осуществляется тепловой обработкой во вращающихся печах, вымораживанием в жидком азоте, магнитной и центробежной сепарацией с использованием химических, электролитических методов. За последние 20 лет в развитых странах эти технологии удалось усовершенствовать, и в настоящее время они позволяют восстанавливать 75 % жести.

Пластмасса. В составе ТБО содержится более десятка типов пластических масс. На Западе широко распространена переработка только двух: полиэтилентерефталат и полиэтилен высокой плотности. Переработка остальных типов не практикуется. Значительное количество пластиковых упаковок включает несколько материалов: пластик (часто нескольких типов), фольгу, картон. Такая упаковка практически не поддается вторичной переработке.

Органические отходы. Во всех европейских странах, где выделяются органические отходы, они утилизируются через компостирование (аэробное сбраживание органической части отходов). Доля компостируемых отходов колеблется от 1 % в Великобритании и Норвегии и до 17% в Испании. В качестве компоста могут использоваться листья, трава, отходы фруктов, овощей, яичная скорлупа, но не могут быть использованы мясо, кости, жир и т. д. Существуют технологии компостирования только пищевых отходов.

Брикетирование отходов

Брикетирование твердых бытовых отходов - сравнительно новый метод обращения с отходами. Брикетирование позволяет значительно уменьшить объем ТБО и снизить площадь территории, необходимой для размещения ТБО. При прессовании твердые бытовые отходы сжимаются до плотности 1-1,1 т/м³ и уменьшаются в объеме примерно в 3 раза. Из спрессованных отходов получают обвязанные проволокой брикеты размером 1,1x1,1x2,0 м и массой 2,4-2,5 т. Брикеты «живут» дольше, чем непрессованный первичный материал, так как из-за высокой плотности в них содержится мало воздуха и почти нет воды.

Станция прессования может быть размещена как непосредственно на полигоне, так и на мусороперегрузочной станции, расположенной на территории городского поселения. Прессование мусора можно рассматривать как временный, но очень эффективный способ решения проблемы очистки городов от ТБО и экономии места на полигонах.

6.5. Технические методы управления твердыми бытовыми отходами

6.5.1. Выбор метода обезвреживания и утилизации ТБО

Выбор оптимального метода обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов для конкретного региона определяется решением проблемы охраны окружающей среды, здоровья населения, а также экономической эффективностью использования земельных ресурсов. Учет климатических, географических, градостроительных условий и численности обслуживаемого населения играет существенную роль при решении проблемы обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов для конкретных условий.

Известно более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО (рис. 6.7). По каждому методу имеется 5-10 разновидностей технологии, технологических схем, типов сооружений.

Методы обезвреживания и переработки ТБО по конечной цели делятся на:

- ликвидационные (решают в основном санитарно-гигиенические задачи);
- утилизационные (решают, кроме того, задачи экономики - использования вторичных ресурсов).

По технологическому принципу методы подразделяются на биологические, термические, химические, механические, смешанные.

Наибольшее распространение у нас и за рубежом получили такие методы, как складирование на полигонах (ликвидационный биолого-механический), сжигание (ликвидационный термический) и компостирование (утилизационный биологический).



Рис. 6.7. Классификация технических методов обезвреживания и утилизации ТБО

Анализ состава твердых бытовых отходов крупных городов показывает, что для их обезвреживания и утилизации могут быть применены все рассмотренные методы. Твердые бытовые отходы содержат достаточное количество биогенных веществ, чтобы из них вырабатывать компост. Прогнозируется рост теплоты сгорания ТБО, что повысит их ценность как топлива. Содержание полимерных материалов ТБО не достигнет к 2010 году уровня, который препятствовал бы компостированию или сжиганию отходов. Рассмотренные направления (складирование на полигонах, сжигание, компостирование, механизированная сортировка) позволяют обезвреживать и утилизировать твердые бытовые отходы, соблюдая нормативы требований охраны окружающей среды.

По зарубежным данным, удельные капитальные затраты для реализации различных вариантов обращения с ТБО в долларах США на тонну составляют:

- складирование на полигонах - 50;
- компостирование - 90;
- сортировка с компостированием - 100;
- комплексная переработка - 240.

6.5.2. Переработка отходов

Земля становится свалкой одноразовых товаров. Потребительская схема «купил - использовал - выбросил» становится в мире все популярнее. По словам редактора онлайн-издания Productscan Тома Вирхайла, сегодня стремление общества ко всему одноразовому - быстро усиливающаяся тенденция, людям хочется получать все готовое к употреблению и применению, а одноразовые товары их в этом плане вполне удовлетворяют. В России на сегодня выбрасывается после однократного их использования 2/3 алюминия, 3/4 стали, огромное количество бумаги, очень большая часть изделий из пластмассы. Если на смену «одноразовому» применению придет этика вторичного использования ресурсов, то меньше будет загрязнение окружающей среды.

Для переплавки алюминия из металлолома требуется в 20 раз меньше энергии, чем для его выплавки из бокситовой руды. Для стали, переплавленной из металлолома, экономия составляет 2/3 от первичных затрат, при этом загрязнение воздуха снижается на 85%, воды - на 76%. Производство бумаги из макулатуры требует на 25-60% меньше энергии, чем ее первичное производство из целлюлозы, при этом вредные выбросы в атмосферу снижаются на 75%, а сбросы в водоемы - на 35%. При переплавке стекла экономится до 1/3 энергии, необходимой для производства исходного продукта.

Стекло обычно перерабатывают путем измельчения и переплавки, при этом исходное стекло подбирается одного цвета. Стекланный бой низкого сорта используется после измельчения в качестве наполнителя для строительных материалов.

Бумажные отходы применяют для изготовления пульпы - сырья для бумаги. Из смешанных или низкокачественных бумажных отходов можно изготавливать туалетную или оберточную бумагу и картон. Бумажные отходы могут использоваться в строительстве для производства теплоизоляционных материалов и в сельском хозяйстве - вместо соломы.

Переработка пластмасс в целом является дорогим и сложным процессом. Из некоторых видов пластмасс, например из двух- или трехлитровых прозрачных бутылок для напитков, можно получать высококачественный пластик. Другие пластики, например ПВХ, после переработки могут быть использованы как строительный материалы. В России переработка пластика очень ограничена. Формирование рынков вторичного сырья должно проходить под эгидой государства при активном привлечении предприятий, занимающихся переработкой отходов, и населения.

Переработка пластических масс

В настоящее время существуют следующие направления утилизации полимерного сырья:

- сжигание с целью получения энергии;
- термическое разложение;
- вторичная переработка.

При сжигании полимеров происходит безвозвратная потеря ценного химического сырья и загрязнение окружающей среды токсичными составляющими дымовых газов. Альтернативой сжиганию вторичного полимерного сырья должно стать термическое разложение как способ преобразования исходного продукта в низкомолекулярные соединения методом пиролиза и каталитический термолиз.

Пиролиз - термическое разложение органических веществ с целью получения полезных продуктов. При температуре до 600 °С образуются жидкие продукты, а свыше 600 °С - газообразные вплоть до технического углерода.

Пиролиз ПВХ совместно с пропиленэтиленом (ПЭ), пропиленполистиролом (ПП) и пропиленстиролом (ПС) при температуре 350°С и давлении до 3 МПа в присутствии катализатора Фриделя-Крафтса и при обработке смеси водородом позволяет получить ценные химические продукты с выходом до 45 % бензола, толуола, пропана, кумола, альфа-метилстирола и др., а также хлористого водорода, метана, этана.

Каталитический термолиз - термическое разложение при более низких температурах, чем пиролиз. Щадящие режимы позволяют получить мономеры, которые используются в качестве сырья в процессах полимеризации и поликонденсации. В США из использованных бутылок из полиэтилфталата (ПЭТФ) получают дефицитные мономеры - диметилфталат и этиленгликоль, которые используют для синтеза ПЭТФ в производстве бутылок.

Вторичная переработка полимерных отходов получила широкое распространение во многих странах. Смешанные отходы из полимерных материалов перерабатываются в изделия различного назначения (строительные панели, декоративные материалы и др.). В США, где особенно велико использование тары из ПЭТФ, уровень вторичной переработки бутылок из ПЭТФ достигает 25-30%.

Переработка отработанных автомобильных покрышек

Объем отработанных автомобильных покрышек (ОАП) в мире оценивается сотнями миллионов тонн в год. Во всех странах шинные свалки считаются чрезвычайно опасными для окружающей среды. С точки зрения экологической целесообразности среди многочисленных и разнообразных способов удаления отработанных автомобильных покрышек приоритетными по иерархии считаются следующие направления:

- снижение образования покрышек;
- вторичное использование покрышек;
- переработка покрышек;
- топливное использование и термическая деструкция покрышек;
- захоронение покрышек.

Основными способами снижения образования отработанных автомобильных покрышек являются увеличение срока их службы и восстановление работоспособности. Например, переход с диагональной на радиальную конструкцию покрышки позволил увеличить срок службы шины для легкового автомобиля в 3,5 раза. Увеличение срока службы автомобильных шин может быть обеспечено в результате улучшения условий их эксплуатации и прежде всего за счет повышения качества дорожных покрытий.

Вторичное использование отработанных автомобильных покрышек может заключаться в создании искусственных нерестилищ, буферов в портовых сооружениях, декоративных заборов, звукопоглощающих экранов и барьеров безопасности. Так, на изготовление 1 км звукопоглощающего экрана «*Acial*» (Франция) высотой 3 м требуется 20 тыс. шин. В дорожном строительстве покрышки закладывают в подпорные стенки, используют в качестве матов грунтовых обваловок в основаниях и насыпях автодорог, проходящих по болотистой местности.

Основным направлением переработки отработанных автомобильных покрышек является производство регенерата для шинной промышленности, что требует измельчения шины до состояния крошки. Кроме того, резиновая крошка разной крупности используется в дорожном строительстве в качестве амортизирующей подложки под асфальтовое покрытие и как ингредиент в составе верхнего дорожного покрытия. Широкому применению этого направления препятствует его высокая стоимость и экологическая опасность - при термическом разложении резины, нагреваемой вместе с асфальтом, выделяются токсичные вещества.

Эффективность сжигания отработанных автомобильных покрышек не сопоставима с затратами невозобновляемых природных ресурсов и энергии на их изготовление (на производство шины легкового автомобиля уходит 32 л нефти, а ее сжигание эквивалентно сжиганию 6-8 л нефти). Резиновая составляющая покрышек характеризуется низкой зольностью (2-3 %) и высокой теплотой сгорания (30 000-35 000 кДж/кг), что обуславливает их ценность как топлива. Мировой опыт показывает, что наиболее целесообразно сжигание ОАП совместно с углем в топках угольных котельных с небольшой их добавкой к углю в количестве 2-4%. Это повышает калорийность топлива и не оказывает существенного влияния на состав дымовых газов.

Термическая обработка отработанных автомобильных покрышек (пиролиз, гидрирование, газификация, деполимеризация) позволяет получить 32-57% нефтепродуктов, 34-50% твердого остатка и 9-18% газообразных продуктов. Свойства нефтепродуктов близки к свойствам дизельного топлива и легких фракций нефти. В составе газообразных продуктов обнаружены высокие концентрации бензола, ксилола, стирола, лимонена. Твердый остаток (технический углерод) может использоваться в качестве топлива или адсорбента.

Компостирование органических компонентов твердых бытовых отходов

Компостирование - это биотермический метод обезвреживания и утилизации бытовых, сельскохозяйственных и некоторых промышленных отходов. Механизм основных реакций компостирования такой же, как при разложении любых органических веществ: более сложные соединения разлагаются и переходят в более простые. **Суть метода** заключается в протекании биохимической реакции окисления органической составляющей отходов (целлюлозы) до получения углекислого газа и воды. При этом выделяется значительное количество теплоты, а конечным продуктом является компост. Теплота разогревает компостируемый материал

Разнообразные, в основном теплолюбивые, микроорганизмы активно растут и развиваются в толще отходов, в результате чего происходит его саморазогревание до 60-70 °С. При такой температуре погибают многие болезнетворные и патогенные микроорганизмы.

В практике промышленного компостирования можно выделить *следующие методы*:

- полевое компостирование (компостирование в буртах);
- механизированное компостирование в специальных установках – ферментаторах (компостирование в установках с контролируемыми условиями).

Полевое (открытое) компостирование отбросов в штабелях проводят в естественных условиях на специально выделенных площадках - полях компостирования. Штабеля можно устраивать как наземными (на поверхности земли), так и в сочетании с неглубокими (до 0,5 м) рвами или траншеями. Для аэрации в основание штабелей закладывают торф, перегной, созревший компост из ранее заложенных штабелей или другие материалы слоем 10-15 см. Штабеля располагают параллельными рядами с проездами между ними шириной 3 м.

Компостные штабеля в поперечном сечении имеют форму трапеции следующих размеров: ширина по низу 3-4 м, по верху 2-3 м, высота 1,5-2 м (в северных районах страны до 2,5 м), длина 10-25 м. Для доступа воздуха отбросы укладывают в штабеля без уплотнения на полную высоту с постепенным наращиванием в длину.

Существуют разные технологии такого способа компостирования.

Минимальная технология. Компостные кучи до 4 м в высоту и 6 м в ширину переворачиваются раз в год. Процесс компостирования занимает от одного до трех лет в зависимости от климата.

Технология низкого уровня. Компостные кучи до 2 м в высоту и 3-4 м в ширину переворачивают в первый раз через месяц и затем через каждые 10-11 месяцев. Компостирование занимает от 16 до 24 месяцев.

Технология среднего уровня. Кучи переворачиваются ежедневно. Компост готов через 4-6 месяцев. Капитальные и текущие затраты в этом случае самые высокие.

Механизированный метод приготовления компоста биотермическим способом проводят, как правило, в горизонтальных вращающихся барабанах или в жалюзийных башнях в течение 1-6 суток.

В горизонтальные вращающиеся барабаны подаются недробленые отходы, сортировка которых ограничивается извлечением черного металлолома.

На переработку в жалюзийные башни подаются отходы, обязательно прошедшие предварительную сепарацию и дробление. Дробленые отходы системой конвейеров или грейфером подаются на верхний, обычно шестой этаж. Каждые сутки поддоны (междуэтажные перекрытия) поворачиваются вокруг своей оси, и компостируемая масса пересыпается на следующий этаж.

Компост, получаемый в результате биотермического обезвреживания ТБО, не должен быть использован в сельском и лесном хозяйствах, так как может содержать примеси тяжелых металлов. Его применение ограничивается выращиванием непригодных культур, озеленением придорожных полос, рекультивацией земель закрытых полигонов ТБО. Выбор методов компостирования определяется оптимальным сочетанием стоимости, достигаемым эффектом утилизации компостируемых отходов и наличием рынка сбыта для продукта.

Недостатком компостирования является необходимость сортировки твердых бытовых отходов, обезвреживания или переработки некомпостируемой части исходного материала. Эта задача может быть решена методом сжигания, пиролиза или вывозом отходов на полигоны для ТБО.

Биоразложение органических отходов

Общепризнанно, что биологические методы разложения органических загрязнений считаются наиболее экологически приемлемыми и экономически эффективными, о чем свидетельствуют показатели различных процессов переработки отходов, приведенные в табл. 6.6.

Таблица 6.6. Показатели процессов переработки отходов, USD/т

Процесс	Удельные капитальные затраты	Эксплуатационные расходы	Прибыль	Чистые затраты
Сжигание отходов	6000–8000	5–8	3	2,5–5,0
Сжигание в котлах-утилизаторах	8000–13 000	7–12	3,5	4–9
Пиролиз	14 000–32 000	5,15	4,4–13,1	2,5–3,4
Биологическая переработка	22 000	9,4	8,2	4,8

Вермикулирование

В последние годы нашла широкое распространение одна из разновидностей экологической биотехнологии - культивирование вермикультуры, то есть разведение на отходах целлюлозосодержащих компонентов калифорнийских червей.

Впервые идея промышленного разведения дождевых червей появилась и воплотилась в США в штате Калифорния в 50-х годах XX века. Для культивирования используется полученная путем отбора продуктивная популяция червя *Eiseia foetida*, получившая название «красный калифорнийский червь». В Европе красный калифорнийский червь известен под другим торговым названием «Тенесси Виглер». В промышленных масштабах вермитехнология развивается в Германии, Италии, Японии, Великобритании, Франции, Швейцарии.

Небольшой 10-сантиметровый червяк обладает уникальной способностью пожирать любой органический материал - опилки, бумагу, картон, гнилые овощи, ил сточных вод, отходы пищевых предприятий, кости, внутренности животных и т. д. В Великобритании черви очищают канализационные стоки. Перерабатывая отбросы, они выделяют чрезвычайно ценное органическое удобрение - биогумус. За сутки калифорнийские черви съедают мусора больше своего веса (около 1 г) и производят примерно столько же биогумуса.

Концентрированный биогумус позволяет получать следующие продукты:

- полноценный природный корм для птицефабрик и рыбхозов, белковый компонент для комбикорма;
- стимуляторы роста;
- лекарственные препараты (например, средство «Эпаолай»), регулирующие содержание холестерина в крови;
- препараты для косметической промышленности.

Широкому распространению вермитехнологии препятствует высокая стоимость популяции червей.

6.5.3. Сжигание отходов

Способы сжигания твердых бытовых отходов

Сжигание мусора - это наиболее отработанный и распространенный в мировой практике метод переработки ТБО. Основное его преимущество - сокращение объема отходов более чем в 10 раз. Сжигание позволяет также устранить неприятные запахи, болезнетворные бактерии, а также получить тепловую энергию. Однако при сжигании отходов, содержащих углеводородные и хлористые вещества, при температуре ниже 1200 °С образуются диоксины - очень токсичные соединения.

Мусоросжигание - это сложный и высокотехнологичный вариант обращения с отходами и может рассматриваться как один из компонентов комплексной программы утилизации. Сжигание неразделенного потока мусора считается чрезвычайно опасным. Поэтому требуется предварительная обработка твердых отходов. При разделении из ТБО удаляют крупные фракции, металлы, пластик, элементы электропитания, аккумуляторы. Необходимо учитывать, что в ТБО присутствуют потенциально опасные элементы, характеризующиеся высокой токсичностью: соединения галогенов (фтора, хлора, брома), азота, серы, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, олова, ртути). В табл. 6.7 приведено сравнительное содержание в ТБО и земной коре ряда элементов. Из таблицы видно, что содержание в ТБО галогенов, серы и тяжелых металлов на 1-2 порядка выше, чем в земной коре.

Выбор технологической и тепловой схем установки сжигания отходов, типа реактора, теплоиспользующего оборудования и аппаратов для очистки газов во многом определяется химическим составом и физическими свойствами отходов. К настоящему времени накоплен определенный опыт для оценки горючести ТБО. По данным, нижний предел теплоты сгорания ТБО, при котором их можно сжигать без дополнительного топлива, составляет от 3,35 МДж/кг до 4,19 МДж/кг. Сжигание топлива обычно подразделяют на низкотемпературное (600-900 °С) и высокотемпературное (1250-1450 °С).

Таблица 6.7. Содержание элементов в ТБО и земной коре

Элементы	Содержание, г/т	
	ТБО	Земная кора
Хлор	5000-8000	150
Бром	30-200	2,4
Сера	1000-3000	500
Медь	200-1000	60
Цинк	600-2000	70
Свинец	400-1000	14
Ртуть	0,5-5	0,1
Кадмий	5-15	0,15

Кремний	2-12	0,12
Барий	0,2-2	0,1

При низкотемпературном сжигании, как правило, этот процесс осуществляется на мусоросжигательных заводах (МСЗ), образуются высокотоксичные соединения, которые ограничивают его применение.

Первый МСЗ был построен в Англии в 1874 г. В 1995 г. в мире функционировало 2400 установок для сжигания мусора. Отношение к сжиганию ТБО изменилось в 80-х годах прошлого века после установления факта образования в процессе их сжигания высокотоксичных веществ. Даже при наличии высокоэффективных систем очистки газов выбросы от МСЗ содержат диоксины, фураны и соединения тяжелых металлов, концентрация которых в 10-100 раз превосходит по токсичности дым от сжигания каменного угля. В настоящее время уровень сжигания бытовых отходов в отдельных странах различен. Так, из общих объемов бытового мусора доля сжигания колеблется в таких странах, как Австрия, Италия, Франция, Германия, от 20 до 40%; Бельгия, Швеция - 48-50%; Япония - 70%; Дания, Швейцария - 80%; Англия и США - 10%. В нашей стране сжиганию подвергаются пока лишь около 2% бытового мусора, а в Москве - около 10%.

Современные мусоросжигательные заводы очень дороги и окупаются не более чем на 60%. Капитальные затраты на МСЗ в США колеблются от 80 до 100 тыс. долларов на одну тону ТБО. Эксплуатационные расходы составляют около 20 долл./т. Треть эксплуатационных, расходов МСЗ уходит на оплату захоронения золы, образующейся при сжигании мусора, которая представляет более экологически опасное вещество, чем сами ТБО. Однако мусоросжигание имеет ряд неоспоримых преимуществ перед складированием отходов на полигонах ТБО. Поэтому в настоящее время в мире наметился рост числа МСЗ. Во Франции и Германии мусоросжигательные заводы становятся основным средством утилизации ТБО.

Высокотемпературные способы сжигания топлива разделяют на:

- процессы, при которых окисление ТБО происходит в так называемом кипящем слое термических печей;
- процессы, при которых окисление ТБО происходит в слое расплавленного шлака.

Для высокотемпературного сжигания необходимо наличие металлургического или строительно-технологического комплекса со специальным оборудованием (металлургические печи, обжиговые печи цементного производства и т. д.). Кроме того, существует бескислородная переработка ТБО в реакторах, например в доменных печах, при температурах 1650-1750 °С без доступа воздуха.

Технология переработки отходов «Пироксэл»

Метод высокотемпературной переработки отходов, получивший название «Пироксэл», базируется на комбинации процессов «сушка» - «пиролиз» - «сжигание» - «электрометаллургическая обработка» - «химико-термическое обезвреживание газов» и предусматривает соответствующее аппаратное оформление (рис. 6.8).

Высокие температуры и многостадийность термической обработки позволяет достигать полного обезвреживания токсичных составляющих, содержащихся в отходах, предотвращать их вторичное образование и снижать содержание вредных примесей в отходящих газах до уровня европейских стандартов.

Предполагаемая технология обезвреживания и утилизации отходов обладает рядом преимуществ перед другими способами термического уничтожения отходов и обеспечивает:

- возможность высокотемпературной переработки различных видов отходов с высокой (до 50 %) влажностью без их предварительной селекции;
- предотвращение образования токсичных соединений (диоксинов, фуранов и т. д.);
- эффективную очистку отходящих газов от пыли, соединений хлора и фтора, окислов серы, азота;

- отсутствие побочных продуктов переработки, подлежащих последующему захоронению;
- перевод минеральной и металлической составляющих отходов в расплав с последующим получением полезного продукта в виде гранулированного шлака, металла и изделий на их основе;
- блочность и комплектность оборудования, возможность его размещения на существующих промышленных площадках (котельные или другие площади с привязкой оборудования к местным условиям).

Вторичный продукт этого процесса - шлак, может быть использован следующим образом:

- в натуральном виде как шлаковый щебень и заполнитель в дорожном и других видах строительства;
- в виде пористого заполнителя (пирозита) при производстве легких бетонов для стеновых изделий и других строительных конструкций.

Технология «Пироксэл» используется для переработки отходов производства и потребления различного состава (табл. 6.8).

Таблица 6.8. Морфологический состав отходов до сортировки

Морфологический состав	Содержание, %	Морфологический состав	Содержание, %
Бумага, картон	33–40	Кожа, резина	0,8–1,3
Пищевые отходы	26–32	Текстиль	4,6–6,5
Дерево, листья	1,5–5,0	Стекло	2,7–4,3
Металл черный	2,5–3,6	Камни, керамика	0,7–1,0
Металл цветной	0,4–0,8	Полимерные материалы	4,6–6,0
Кости	0,9–1,5	Отсев менее 16 мм	8,8–11,2

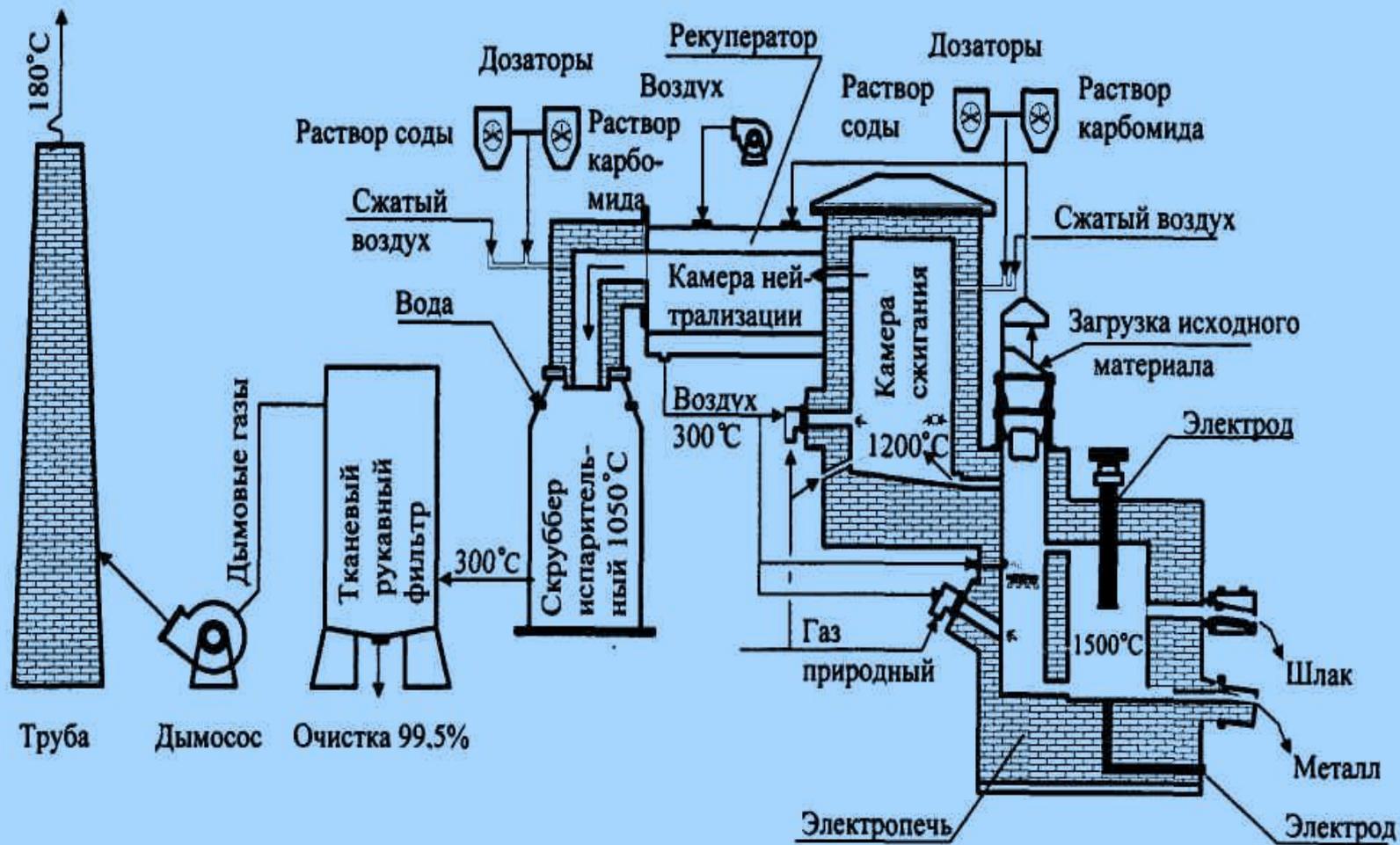


Рис. 6.8. Схема технологического процесса «Пироксел».

Несмотря на возможность переработки несортированных отходов, для бытовых отходов целесообразна предварительная сортировка с отбором до 50% полезного сырья для вторичного использования. Технология «Пироксэл» позволяет «перерабатывать»:

- отходы лечебно-профилактических учреждений (использованные бинты, вата, одноразовые шприцы, иглы, ампулы, флаконы, системы переливания крови, резиновые трубки, пластмассовые изделия, перчатки, лекарства и др.);
- некоторые виды промышленных отходов (любая бумажная, картонная, стеклянная, деревянная масса и тара);
- отходы предприятий коммунального хозяйства (использованные санитарные приборы, раковины, унитазы, краны, отходы краски, штукатурки, различные деревянные изделия, битое стекло);
- отходы станций технического обслуживания автомобилей (ветошь, ржавые мелкие узлы и детали (металлические), остатки от мойки автомобилей);
- отходы электротехнических изделий (провода, кабели, электроустановочная арматура и т. п.).

Использование энергии сжигания твердых бытовых отходов

Повышение эффективности мусоросжигательных заводов может быть достигнуто путем внедрения известных технологий утилизации теплоты уходящих газов, образующихся при сжигании отходов. Основным способом утилизации теплоты является классический способ выработки пара в котлах-утилизаторах (УК).

Известно, что выработка тепловой энергии на МСЗ обусловлена резким колебанием потока отходов и их теплотворной способностью. Поэтому возникают определенные трудности для обеспечения круглогодичного использования энергии, выработанной на МСЗ. Наличие централизованных источников энергоснабжения предполагает создание специальных схем совместной работы утилизационных установок МСЗ с установками, работающими на ископаемом топливе: районных котельных, теплоэлектроцентралей и электростанций.

В зависимости от потребителей утилизационные котельные проектируются как промышленно-отопительные или чисто отопительные. С целью поддержания стабильных параметров теплоносителей предусматривается сжигание наряду с ТБО ископаемого топлива, которое гасит все колебания параметров, вызванные спецификой сжигания ТБО. УК может выдавать в систему теплоснабжения пар или горячую воду. Параметры пара, вырабатываемого в утилизационных котельных, как правило, составляют $P=1,4-2,4$ МПа, $t=250^{\circ}\text{C}$. Схемы утилизационных котельных и отпуска теплоты зависят от характера потребителя, вида теплоносителя и его параметров; режима теплоснабжения в суточном и сезонном периодах.

6.5.4. Захоронение бытовых отходов

Захоронение отходов потребления является широко практикуемым способом размещения отходов. Однако захоронение отходов порождает массу экологических и санитарно-гигиенических проблем. Поэтому снижение объемов отходов, подлежащих захоронению, - одна из важнейших задач, которая может решаться путем уменьшения их образования, повторного использования, переработки и получения энергии. Наиболее оптимальным методом захоронения остаточных отходов является создание *полигонов твердых бытовых отходов (санитарных полигонов)*.

Полигоны твердых бытовых отходов представляют собой комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения ТБО, предотвращающие попадание вредных веществ в окружающую среду, загрязнение атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

В зависимости от морфологического состава отходов полигоны подразделяются на два класса:

1) полигоны ТБО 1 -го класса предназначены для приема:

- бытовых отходов, содержание органических веществ в которых не должно превышать 25 %
- отходов лечебно-профилактических учреждений;

2) полигоны ТБО 2-го класса предназначены для приема отходов с содержанием органических веществ более 25 %, а также:

- строительные отходы, в том числе древесно-строительные;
- твердые промышленные отходы IV класса опасности по согласованию с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб, в количестве, не превышающем 30 % от массы принимаемых ТБО;
- грунты и почвы, твердые промышленные IV класса опасности отходы, содержащие радионуклиды в количествах, не превышающих установленные для радиоактивных отходов пределы.

На полигоны твердых бытовых отходов запрещается принимать:

- строительные отходы, содержащие асбошифер (бой), шлаки, золы, асбест отработанный, отходы мягкой кровли;
- промышленные отходы I, II и III класса опасности;
- радиоактивные отходы.

Количество полигонов ТБО и производительность определяются технико-экономическим обоснованием на строительство полигона и экологическими условиями с учетом генеральных планов развития городских и сельских поселений.

Экологическая безопасность полигонов ТБО обеспечивается геотехническими мероприятиями, которые включают:

- устройство барьеров, препятствующих распространению загрязнений в грунт, грунтовые воды и в воздушное пространство и представляющих собой геокомпозиционную систему гидроизоляционных и газоизоляционных элементов в защитных экранах основания и поверхности полигона;
- снижение риска загрязнения окружающей природной среды вследствие уничтожения источника загрязнения или снижения уровня его токсичности.

Размещение полигонов ТБО предусматривается при разработке территориальных комплексных схем градостроительного планирования развития территорий и должно отвечать условиям социального благополучия населения и концепции минимизации экологического ущерба, наносимого окружающей среде.

Размещение полигонов исключается:

- на территории природно-заповедного фонда Российской Федерации;
- в пределах округов санитарной охраны курортных и лечебно-оздоровительных зон;
- на территории зеленых зон городов и промышленных поселков;
- на землях, занятых зелеными насаждениями, выполняющими средозащитные, санитарно-гигиенические и рекреационные функции;
- на сельскохозяйственных угодьях с кадастровой оценкой выше среднерайонного уровня;
- на землях историко-культурного назначения;
- в пределах водоохранных зон водных объектов;
- в пределах I и II поясов зон санитарной охраны водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- в пределах городской черты;
- на территории, загрязненной органическими и радиоактивными отходами;

- на территориях со сложными геологическими и гидрогеологическими условиями (развитых склоновых процессов, суффозионно-неустойчивых грунтов; заболоченных участках и зонах подтопления и т. п.).

Полигоны твердых бытовых отходов размещаются с учетом требований градостроительства, а гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов определяют санитарные правила. **Санитарно-защитная зона для полигонов ТБО, считая от границы полигона, составляет 500 м.**

Территория полигона разделяется на производственную и административно-хозяйственную зоны. В производственную зону входят: участок складирования ТБО с кавальерами (складами) грунта для промежуточной изоляции ТБО, участок по сортировке отходов, участок компостирования древесно-растительных отходов, очистные сооружения и пруды-испарители, сооружения утилизации биогаза.

На полигоне по его периметру, начиная от ограждения, должны последовательно размещаться следующие объекты: административно-бытовые помещения, лаборатория, теплая стоянка для спецмашин, мастерская для ремонта спецмашин и механизмов, склад топливных материалов, автомобильные весы, контрольно-пропускной пункт, котельная, контрольно-дезинфицирующая ванна, противопожарный резервуар, трансформаторная подстанция, артезианская скважина (резервуар для питьевой воды), очистные сооружения (при необходимости), участок радиационного контроля за отходами.

Полигон для захоронения отходов по периметру должен иметь ограждение, высотой не менее 1,8 м, и далее последовательно следующие сооружения: кольцевой канал для перехвата дождевых и талых вод; кольцевая автодорога с высококачественным твердым покрытием; ливнеотводные лотки вдоль дороги или кюветы. Кроме того, по периметру полигона на полосе шириной 5-8 м предусматривается посадка деревьев, прокладка инженерных коммуникаций (водопровод, канализация), установка мачт электроосвещения.

Расчет вместимости полигона. Проектируемая вместимость полигона ведется для обоснования размера площади, необходимой для организации участка складирования ТБО, с учетом количества обслуживаемого полигоном населения, расчетного срока эксплуатации полигона, степени уплотнения ТБО на полигоне, а также стратегии развития системы управления отходами, принятой на данной территории.

Проектируемая **вместимость полигона** может быть вычислена по формуле (6.3):

$$V_n = (U_1 + U_2)(Q_1 + Q_2)TK_2 / (4K_1)$$

где U_1, U_2 – удельные годовые нормы накопления ТБО по объему соответственно на первый год эксплуатации, м³/чел.; Q_1, Q_2 – количество обслуживаемого полигоном населения соответственно на первый и последний год эксплуатации, чел.; T – расчетный срок эксплуатации, год; K_1 – коэффициент, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона на весь срок, для ориентировочных расчетов принимается равным 2,5-3,0; K_2 – коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта, как промежуточных, так и окончательных, для ориентировочных расчетов принимается равным 1,25.

Расчет требуемой **площади земельного участка** для прямоугольной формы площадки складирования ТБО вычисляется по формуле (6.4):

$$A = aV_n / H$$

где a – коэффициент, учитывающий крутизну заложения откосов, при заложении внешних откосов 1 : 4, $a = 3$; H – проектируемая высота полигона, м.

Участок складирования ТБО занимает основную (до 95 %) площадь полигона. Он разбивается на очереди эксплуатации с учетом обеспечения приема отходов в течение 3-5 лет. В табл. 6.9 приведена ориентировочная площадь участка складирования полигона на расчетный срок эксплуатации 15 лет.

Таблица 6.9. Минимальная площадь участка, га. складирования полигона ТБО

Средняя численность обслуживаемого населения, тыс. чел.	Высота складирования ТБО, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5	—	—	—	—
100	12,5	8,5	6,5	—	—	—
250	31,0	21,0	16,0	11,5	—	—
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5	—
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	—
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27,0

Конструктивные решения по строительству полигонов зависят от рельефа местности. Существуют высотные, траншейные, овражные и карьерные полигоны. Полигоны высотного и траншейного типов размещают на плоских участках местности.

Полигоны *высотного типа* окантовывают дамбой. Высота дамбы и ширина ее верхней площадки должны обеспечить безопасную работу техники (мусоровозов, катков, бульдозеров). Полигоны *траншейного типа* создают прокладкой траншей глубиной 3-6 м и шириной поверху 10-12 м. Длина траншеи проектируется с учетом обеспечения приема ТБО в зависимости от наружной температуры: в период температур выше 0°C в течение 1-2 мес, в период температур ниже 0°C - на весь период промерзания грунтов.

Выбранный грунт используется для перекрытия отдельных слоев складироваемых отходов. Полигоны *овражного типа* организуют в оврагах и в отработанных карьерах глин.

После окончания эксплуатации полигонов их покрывают слоем грунта до полутораметровой толщины и проводят рекультивацию почв.

Полигоны ТБО должны обеспечивать охрану окружающей среды по **шести показателям вредности**: органолептическому, общесанитарному, фитоаккумуляционному (транслокационному), миграционно-водному, миграционно-воздушному и санитарно-токсикологическому.

Органолептический показатель вредности характеризует изменение запаха, привкуса и пищевой ценности фитотест-растений на прилегающих участках действующего полигона и территорий закрытого полигона, а также запаха атмосферного воздуха, вкуса, цвета и запаха грунтовых и поверхностных вод.

Общесанитарный показатель отражает процессы изменения биологической активности и показателей самоочищения почвы прилегающих участков.

Фитоаккумуляционный (транслокационный) показатель характеризует процесс миграции химических веществ из почвы близлежащих участков и территорий рекультивированных полигонов в культурные растения, используемые в качестве продуктов питания и фуража (в товарную массу).

Миграционно-водный показатель вредности выявляет процессы миграции химических веществ фильтрата ТБО в поверхностные и подземные воды.

Миграционно-воздушный показатель отражает процессы поступления выбросов в атмосферный воздух с пылью, испарениями и газами.

Санитарно-токсикологический показатель суммарно характеризует эффект влияния факторов, действующих в комплексе.

Для полигона твердых бытовых отходов разрабатывается специальный проект мониторинга, включающий следующие разделы: контроль состояния подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв и растений, шумового загрязнения в зоне возможного неблагоприятного влияния полигона. Контролируется содержание в воде и воздухе аммиака, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, кальция, хлоридов, железа, сульфатов, лития, ХПК, БПК, рН, магния, кадмия, хрома, цианидов, свинца, ртути, мышьяка, меди, кадмия, бария метана, сероводорода, оксида углерода, бензола, трихлорметана, четыреххлористого углерода, хлорбензола и других загрязняющих веществ.

Система мониторинга должна включать постоянное наблюдение за состоянием почвы в зоне возможного влияния полигона. С этой целью контролируется качество почвы и растений на содержание экзогенных химических веществ (ЭХВ), которые не должны превышать ПДК в почве и остаточные количества вредных ЭХВ в растительной товарной массе выше допустимых пределов.

Эксплуатацию полигонов твердых бытовых отходов проводят в соответствии с действующими нормативными и инструктивными документами.