

Обращение с отходами

7.1. Основные понятия

Отходы — это такой объект человеческой деятельности, в который наряду с нецелевыми продуктами переработки исходного сырья, вмещающими и пустыми породами в итоге переходит вся товарная продукция народного хозяйства. По существу, в своей материальной деятельности человечество не производит ничего, кроме текущих и будущих отходов. В них неизбежно превращаются любые материальные объекты в конце жизненного цикла.

Информация общего плана об отходах (понятие, классификация, масштабы накопления и др.) приведена в кн. 3, разд. 1. Здесь устанавливается лишь смысловое единообразие в понимании основных терминов, относящихся к сфере обращения с отходами. Формулировки приведены в соответствии с Федеральным законом РФ «Об отходах производства и потребления» и другими источниками научно-технической информации.

Обращение с отходами — деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по их сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению.

Размещение отходов — их хранение и захоронение.

Хранение отходов — содержание их в объектах размещения для последующего захоронения, обезвреживания или использования.

Захоронение отходов — изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах для предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду.

Использование отходов — их применение для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг и получения энергии.

Обезвреживание отходов — их обработка, в том числе сжигание и обеззараживание на специализированных установках, для предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

Объект размещения отходов — специально оборудованное сооружение, предназначенное для их размещения (полигон, шламохранилище, хвостохранилище, отвал горных пород и др.).

Переработка (утилизация) отходов — технологическая операция или их совокупность, в результате которых из отходов производится

товарная продукция или они становятся пригодными для употребления с пользой на предприятии-производителе.

Централизованное размещение отходов — совокупность операций по сбору, транспортированию и последующему размещению отходов от многих производителей на специализированном производственном участке, предусматривающая в некоторых случаях возможность их частичной утилизации.

При централизованном размещении отходов для их сбора и транспортирования создаются специализированные службы. Зачастую их работа выполняется в 2 этапа. Вначале производится первичный сбор и транспортирование отходов и мусора на централизованный участок по их приему, обслуживающий определенную территорию, а затем осуществляется доставка их с централизованных участков для хранения или захоронения на отведенных территориях.

Локальное размещение отходов — их хранение в зоне действия производственной установки (промышленной, сельскохозяйственной и др.), на которой они образуются.

Места локального размещения отходов являются конечным звеном развернутой технологической схемы производства товарного продукта. Эта схема обычно не предусматривает организации специальной службы по сбору и транспортированию отходов. Они попадают в места их размещения по инженерным коммуникациям предприятия. Исключение составляют достаточно редкие схемы подземного размещения отходов предприятий, требующие организации специальных служб захоронения отходов.

7.2. Централизованное размещение

7.2.1. Сбор и транспортирование отходов

В рамках централизованного размещения сбор и транспортирование применяют прежде всего к городским отходам. Их подразделяют на коммунальные и производственные. К коммунальным относят бытовые, торговые, конторские и строительные отходы, все преимущественно твердые. По данным США, количество коммунальных отходов в 2,0-2,5 раза больше, чем производственных городских (твердых и жидких). В целом в городских отходах преобладают ТБО.

Обращение с ТБО чаще всего начинается со сбора их в контейнеры и мешки.

Контейнеры представляют собой стандартные, обычно в форме ящика, емкости для бестарной перевозки грузов, приспособленные для

механизированной погрузки и выгрузки. Их обычно изготавливают металлическими или пластмассовыми. Масса помещаемых в них отходов не должна превышать 35 кг. Контейнеры располагают на ровной бетонированной площадке или приподнимают над землей, чтобы уменьшить коррозию изготовленных из металла конструкций.

В ряде случаев предпочтительнее мешки (пластиковые и бумажные) разового пользования. Они стандартны по размерам, универсальны и гигиеничны. Пластиковые мешки в сравнении с бумажными проще в изготовлении и обращении, дешевле, легче заполняются и закрываются. На их изготовление обычно используют полиэтиленовую пленку толщиной ~40 мкм. Бумажные мешки во избежание намокания, как правило, делают двойными, с пластиковой прослойкой. Однако бумажные и пластиковые мешки быстро рвутся, сами превращаясь в отходы.

Стандартные размеры мешков и контейнеров США для сбора ТБО чаще всего имеют вместимость около 130 и 160 дм³.

При большом количестве твердых отходов для хранения следует применять металлические бункера объемом 1-10 м³ взамен многочисленных мешков или контейнеров малого размера. Они удобны для обработки больших объемов бытовых, торговых, промышленных, сельскохозяйственных отходов в районах с высокой плотностью населения. После опорожнения, предотвращая распространение паразитов и запахов, бункера можно очищать spraysками высокого давления. Производительность установки по spraysкам составляет до 250 бункеров в смену. Вода после очистки в фильтре пригодна для повторного использования (Binnie...).

Для сбора еще больших количеств промышленных, строительных и сельскохозяйственных отходов используют очень крупные бункера (объемом 15-30 м³), эксплуатация которых экономически выгоднее, чем мешков, менее вместительных контейнеров или небольших санитарных земляных насыпок.

Для транспортирования контейнеров, мешков, бункеров используют специальные автомобили с устройством на шасси грузовика для подъема емкостей. Предпочтительнее мусоровозы закрытого типа: их можно использовать для работы при любых погодных условиях. Открытые машины следует применять только при сборе громоздких отходов, которые для предотвращения пыления при перевозке необходимо закрывать брезентом. Для повышения производительности желательны машины с высокими бортами.

Оптимальный объем мусоровоза зависит от частоты сбора отходов, количества обслуживаемых точек, численности населения города и др. По американским данным, для города с населением 500 тыс. чел. и более при числе обслуживаемых точек 5 (сбор 1 раз в неделю) и 3

(сбор 2 раза в неделю) необходимы грузовики с объемом 15 м^3 . Они имеют различные системы загрузки: сзади, сбоку, с ковшом спереди. Используются также машины с механическим захватом контейнеров.

В некоторых районах может оказаться эффективной система смены мусоровозов. Так, машины меньшего размера, в том числе мотороллеры, с одним или несколькими мусорными ящиками, заполненными отходами, передают их в более крупную базовую машину. Последняя может использоваться и для уплотнения отходов — примерно с 60 до 360 кг/м^3 . В некоторых конструкциях эту операцию выполняют и во время движения мусоровозов, так как они имеют отдельный двигатель для уплотняющего устройства.

Централизованная система, как отмечалось ранее, в ряде случаев предусматривает двухэтапный сбор отходов. Зачастую они предварительно доставляются с определенной территории на централизованные участки (перевалочные станции). Здесь отходы без какой-либо переработки перегружают из транспортных средств для сбора отходов в транспортные средства их перемещения на большие расстояния с целью размещения на окончательное хранение или захоронение, в том числе и с частичной переработкой.

В области централизованного размещения отходов большой опыт накоплен как в Западной Европе и США, так и в России. Одной из первых внедрила комплексную централизованную систему сбора, транспортирования, переработки и утилизации отходов в масштабах страны Дания. Накопленный ею опыт заслуживает специального изложения, особенно применительно к рассмотренным далее промышленным отходам.

Сбор и обезвреживание отходов в Дании регулируются государственным законодательством. В соответствии с ним каждое предприятие, где образуются ПО, обязано уведомлять местные органы власти об их количестве и составе, а также принимать меры по вывозу или обезвреживанию отходов методами, рекомендованными санитарными органами. Местные муниципалитеты при необходимости должны обеспечить предприятия специальными транспортными средствами для доставки отходов в установленные пункты сбора, находящиеся в их подчинении. Они же взимают плату за перевозку отходов в соответствии с правилами, разработанными Министерством охраны окружающей среды.

Структура коммерческой жизни Дании характеризуется деятельностью значительного количества относительно небольших предприятий, поэтому к ним не предъявляется требование производить соответствующую обработку и обезвреживание отходов на месте их образования. Оно небезопасно с точки зрения загрязнения окружающей среды и невыгодно экономически. В связи с этим было принято решение о создании в стране предприятия по централизованной обработке загряз-

ненных масел, химических и других промышленных отходов. С данной целью муниципалитеты Дании сообща, на долевых началах создали компанию «Коммуникеми А/С». Было определено, что за год с разных предприятий страны на централизованную переработку в созданную компанию может поступить около 80 тыс. т материалов, представляющих 6 основных групп:

отработанные минеральные масла и другие нефтепродукты — 25 тыс. т;

загрязненные органические растворители (спирты, кетоны, сложные и простые эфиры, бензин и другие углеводороды) — 12 тыс. т;

отходы лакокрасочной промышленности и другие органические вещества (химические продукты, остатки нефтепродуктов, дегтя, битума, животного клея, пестицидов, отходы фармацевтического производства и т.д.) — 10 тыс. т;

жидкие хлорированные углеводороды — 1 тыс. т;

неорганические химические отходы в твердой форме или водном растворе (закалочные соли, отработанные жидкости из ванн производства гальванопокрытий и кислоты из травильных ванн, жидкий осадок, содержащий гидроксиды металлов, отработанные щелочи из обезжиривающих и нейтрализующих ванн и т.п.) — 15 тыс. т;

твердые отходы (упаковочные материалы, пластмассы, побочные химические продукты, грунты и песок, загрязненные нефтепродуктами) — 15 тыс. т.

Принятая компанией система приема ПО основана на сборе отходов определенного района, округа или его части. В настоящее время в стране действуют 23 центральных пункта сбора отходов. Каждый центральный пункт имеет железнодорожный узел на 2-4 вагона, в которых отходы доставляют на станцию Коммуникеми. Вагоны являются собственностью последней. Вдоль участка железнодорожного пути центрального пункта расположен пандус, на одном конце которого хранятся в закрытом виде упакованные невоспламеняющиеся отходы, а на другом — также упакованные и невоспламеняющиеся, но токсичные материалы. Когда накапливается много отходов, их загружают в грузовой вагон. Вагоны-цистерны, прибывающие на центральный пункт сбора и содержащие жидкости, опорожняются в специально отведенном месте, откуда отходы перекачиваются или транспортируются по стационарному трубопроводу в железнодорожные вагоны.

Отходы из масло- и бензоуловителей, имеющие, как правило, много воды и легко разделяющиеся на масляную и водную фазы, перекачивают в специальный резервуар, где происходит их сепарация отстаиванием. Из отстойника вода сбрасывается в центральную канализационную систему с маслоуловителем.

Часто при опорожнении цистерн, содержащих жидкие отходы, остается осадок. Поэтому на центральном пункте сбора сооружен бетонный резервуар, куда удаляется осадок вместе с остатками жидкости. Из резервуара жидкие отходы перегоняются в железнодорожные вагоны с помощью погружных вихревых насосов, а неперекачиваемые отходы поднимаются со дна резервуара шнеком в бочки с плотно закрывающимися крышками. На центральном пункте сбора имеются также платформенные весы, мастерская и место хранения пустых контейнеров.

Организация перевозки ПО может быть следующая:

отправление на центральный пункт сбора или станцию «Коммуникеми»;

транспортирование на данный пункт сбора, осуществляемое централизованной системой;

доставка с центрального пункта сбора на станцию «Коммуникеми».

По закону промышленные предприятия обязаны удалять ПО независимо от их количества. Центральные пункты сбора располагаются от них на расстоянии не более 50 км.

Промышленные предприятия, на которых образуется большое количество отходов, часто используют специализированные грузовики или цистерны, в других случаях они удаляются подрядчиками в таре, в которой доставляется сырье. Транспортирование отходов осуществляется специальными фирмами. Значительные объемы их доставляют в вагонетках (отходы из масло- и бензоуловителей), вагонах-цистернах (жидкие химические вещества) или контейнерах (пастообразные фракции, осадок, кеки). С промышленных предприятий с большим количеством отходов перевозка может осуществляться по железной дороге, если они имеют подъездные пути.

Предприятия-отправители отходов заполняют декларации на каждый их тип. В них сообщают характеристики и компоненты отходов, процесс, в котором они образовались. Указывают также способ транспортирования, число контейнеров и их тип; название, адрес и телефон предприятия, другие сведения. Эти данные обеспечивают безопасную для людей и окружающей среды обработку отходов на станции Коммуникеми.

Аналогичная система сбора и доставки ПО принята в Финляндии. В г. Рийхимяки близ Хельсинки функционирует завод для их централизованной переработки в масштабе страны (АО «Суомен Онгелмаяте»). Годовой выход ПО в Финляндии составляет 150 тыс. т. В основном это отработанные масла, растворители, отходы, содержащие тяжелые металлы и т.д. Высшее руководство и контроль за управлением системой сбора, транспортирования и обработки отходов осуществляет Министерство охраны окружающей среды. В губерниях управление и контроль принадлежат правлениям.

В целом в настоящее время в мировой практике используются четыре основных варианта доставки ТБО и ПО на дальние расстояния, которые часто комбинируются и дополняют друг друга. По первой схеме сбор производится автомобильным транспортом, доставляющим отходы непосредственно на места обработки или на перегрузочные станции, где они уплотняются и поступают на большегрузные автомобили. При этом предпочтение отдается перевозке в контейнерах. По второй схеме погрузка осуществляется в железнодорожные цистерны, вагоны, полувагоны или на платформы. Здесь также отводится большое место контейнерному способу перевозок. Третья система предусматривает вывоз отходов водным транспортом. И наконец, отходы могут доставляться на место переработки контейнерным пневмотранспортом по трубам, проложенным по земле, под землей или под водой.

Пневмотранспорт используют преимущественно для удаления ТБО, для ПО он применяется еще в недостаточной степени.

У нас в стране сбор токсичных ПО на предприятиях-поставщиках для их последующей перевозки на полигоны регламентируется рядом нормативных документов, в частности Санитарными правилами № 3183-84.

Способ сбора и временного хранения отходов определяется физическим состоянием и классом опасности веществ, их составляющих. При наличии веществ различного класса опасности отнесение отходов к категории токсичности производится в соответствии с санитарными правилами СП 2.1.7.1386-03.

Временное хранение ПО на территории предприятий, как правило, осуществляется в стационарных складах. При этом должны быть соблюдены общие санитарно-гигиенические требования к состоянию воздуха рабочей зоны с учетом ПДК вредных веществ.

На предприятиях-поставщиках отходов приказом назначается лицо, ответственное за их сбор, хранение и отгрузку на полигон. На отгруженную партию необходимо представлять паспорт с технической характеристикой состава отходов и кратким описанием мер безопасности при обращении с ними. Паспорт заполняется поставщиком и подписывается руководителем предприятия.

Транспортирование токсичных ПО на место централизованной обработки чаще всего осуществляется специальным автотранспортом. Допускается доставка жидких горючих органических отходов III и IV классов опасности автотранспортом предприятий-поставщиков при условии согласования с учреждениями санитарно-эпидемиологической службы и предприятием-переработчиком, в соответствии с инструкцией по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов. Тем самым устанавливается порядок перевозки их автомобильным транспортом по дорогам, открытым для общего пользования, независимо от ведомст-

венной принадлежности, на всей территории страны и определяются основные требования к организации, техническому обеспечению и безопасности перевозок.

По ГОСТу 19433-88 к опасным грузам относятся вещества и предметы, которые при транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и хранении могут послужить причиной взрыва, пожара или повреждения доставочных средств, устройств, зданий и сооружений, а также гибели, увечья, отравления, ожогов, облучения или заболевания людей и животных. По своим химическим свойствам опасные грузы делятся на 9 классов. Минимальная безопасная масса опасного вещества или минимальное безопасное количество опасных предметов на одном транспортном средстве, доставку которых можно считать как перевозку неопасного груза, определяется на основе положений Европейского соглашения о дорожной перевозке опасных грузов или других нормативных документов и определяется в правилах или технических условиях на доставку данного груза. Указанное соглашение регламентирует взаимоотношения между грузоотправителем и грузополучателем, определяет порядок выбора и согласование маршрута перевозки опасных грузов, организацию передвижения транспортных средств.

Общая схема организации сбора и вывоза ПО предусматривает следующие технологические операции, аналогичные использованным для ТБО: накопление отходов в контейнерах (цистернах), вывоз контейнеров до места обезвреживания, разгрузку отходов, замену контейнеров на чистые, доставку порожних чистых контейнеров с места сбора, новую загрузку контейнеров.

Контейнеры (цистерны) для сбора и вывоза твердых, пастообразных и жидких промышленных отходов должны отвечать определенным требованиям.

Так, контейнеры для перевозки твердых и пастообразных материалов представляют собой металлическую сварную конструкцию, при необходимости усиленную ребрами жесткости. В их верхней части располагаются загрузочные люки, которые надежно фиксируются в закрытом положении. На передней торцевой стенке контейнера располагается автозахватное устройство. Он имеет также предохранительные клапаны для сбрасывания избыточного давления, возникающего в нем при выделении газообразных продуктов, образующихся при разложении отходов. Внутреннюю поверхность контейнера необходимо защищать кремнийорганическим или кремниевым покрытием, предохраняющим металл от коррозии, а также снижающим адгезию отходов к его стенкам.

Цистерна для перевозки жидких отходов представляет собой сварную конструкцию из двух днищ и обечайки, изготовленных из коррозионно-стойких материалов. Она имеет овальную форму, устанавлива-

ется на направляющих роликах и крепится к шасси с помощью крюка. Сверху располагается люк для доступа внутрь цистерны. Его горловина закрывается крышкой с поджимом. Для успокоения движения жидкости в цистерне предусматривают два волнореза и предохранительный клапан для сбрасывания избыточного давления. Опорожнение цистерны осуществляется через нижний лючок на ее заднем днище. Во избежание непосредственного контакта водителя с отходами лючок должен открываться автоматически из кабины автомашины. На автомобиле необходимо устанавливать сигнальное устройство, исключающее переполнение цистерны.

В качестве конструкционных материалов, используемых для изготовления емкостей и цистерн под сбор, перевозку и хранение коррозионных растворов, применяют черные и цветные металлы, их сплавы, неорганические и органические материалы. Из числа последних можно назвать поливинилхлориды, полиэтилен, полипропилен, фторопласты, стеклопластики, резины, эбониты и др.

При антикоррозионной защите емкостей длиной 1-6 м применяют как свободные вкладыши, так и жесткие крепления полимерной футеровки к стенкам. При большей длине используют только жесткое крепление, так как свободные вкладыши в этом случае растрескиваются.

В ряде случаев для сбора и транспортирования различных материалов выпускаются сменные кузова-контейнеры. Это позволяет снизить транспортные расходы на перевозку грузов, повысить коэффициент использования автомобильного шасси.

В СССР впервые подобная система для сбора и вывоза ПО с применением механизмов фирмы «Мультилифт» на отечественных автомобильных шасси была внедрена в Ленинграде, Киеве, Набережных Челнах. Основным преимуществом этой системы является двухэтапный сбор и вывоз с использованием мусороперегрузочных станций. Для ПО, плотность которых составляет $1500-2000 \text{ кг/м}^3$, необходимость в перегрузке отпадает.

7.2.2. Полигоны ТБО

Основное количество твердых бытовых отходов образуется в городах, ежегодно достигая 500 млн т. Основная масса их (300-350 млн т/год) поступает на полигоны и стихийные свалки. Площадь отдельных полигонов колеблется от единиц до сотен гектаров, в сумме составляя более 140 тыс. га. Эти объекты предназначены в основном для захоронения отходов и не предусматривают специальной

переработки последних. Объем свалок ежегодно возрастает на ~6%, т.е. в 3-4 раза быстрее, чем народонаселение, что составляет 350 км².

Проект организации ТБО должен включать создание подъездных дорог, подготовку территории полигона, разбивку ее на карты, устройство дренажа, водо- и энергоснабжение, телефонную связь, весовое хозяйство, санитарный контроль, мастерские для обслуживаемого оборудования и т.д. (*Утилизация твердых...*). В последнее время в нашей стране стали практиковать также уплотнение дна полигонов. Часть отходов, захороняемая на стихийных свалках (котлованах, карьерах), по-прежнему складывается без специальной подготовки территории.

Подъездная дорога должна состоять по меньшей мере из двух мощенных полос с шириной, достаточной для использования тяжелых транспортных машин, и иметь уклон не более 8°. Временные дороги от въезда до места разгрузки могут быть грунтовыми на подходящем основании (гравий, раздробленный мелкий камень, крупный песок, шлак или отходы бетона). Желательно строить дорогу с твердым покрытием (асфальт, цемент, литые каменные материалы и т.п.).

Отходы складывают на грунт с соблюдением условий, обеспечи-

вающих защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных, грунтовых вод и препятствующих распространению болезнетворных микроорганизмов.

Имеются два основных метода захоронения ТБО на полигоне — поверхностная и траншейная засыпки.

Поверхностная засыпка предпочтительнее при наличии лощин, глубоких ущелий, открытых карьеров или других подобных площадок. Общая схема варианта представлена на рис. 7.1. В этом случае доставленные отходы с помощью бульдозера распределяются и уплотняются, а в конце рабочей смены на них подается так называемое суточное покрытие из земли. Его

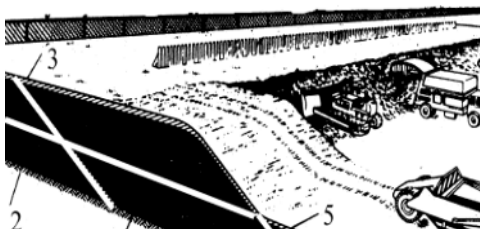


Рис. 7.1. Метод поверхностной санитарной земляной засыпки: бульдозер распределяет и уплотняет твердые отходы. Скрепер (на переднем плане) используется для транспортировки материала покрытия в конце смены. Переносное ограждение захватывает сдуваемый ветром мусор:

1 — уплотненные твердые отходы;
2 — земля; 3 — окончательное покрытие из земли (60 см); 4 — переносное ограждение для улавливания бумаги; 5 — суточное покрытие из земли (15 см)

необходимость обуславливается тем, что мусор нельзя держать открытым более 12 ч, так как он может быть опасен для здоровья людей вследствие идущих в нем процессов разложения с выделением дурнопахнущих и вредных газов. Незакрытой должна оставаться только минимально возможная поверхность. Окончательное покрытие из земли слоем до 60 см наносят по мере освобождения фронта работ для него на загружаемой секции (карте). Землю для покрытия получают срезанием почвенного слоя засыпки.

Траншейная засыпка обычно применяется в условиях равнинной и холмистой местности. Твердые отходы с мусоровоза сбрасывают в выкопанные экскаватором траншеи, где бульдозер выравнивает и уплотняет их (рис. 7.2). Здесь также предусматривается суточное покрытие. Окончательное покрытие земель, вынудой при рытье траншей, наносят после ее заполнения.

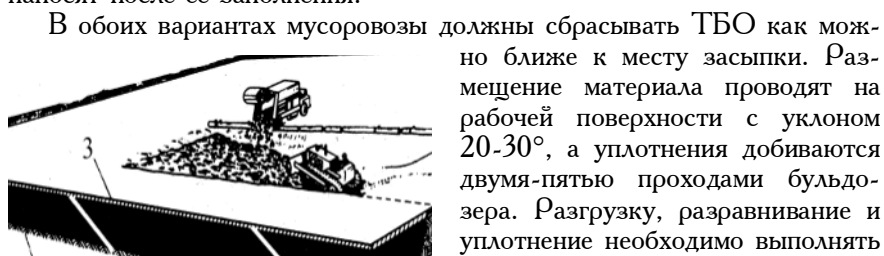


Рис. 7.2. Метод траншейной земляной засыпки. Мусоровоз сбрасывает свой груз в траншею, где бульдозер разравнивает и уплотняет его. В конце дня скребковый экскаватор выкапывает почву из траншеи, которая затем используется как материал для ежедневного покрытия.

Траншеи могут быть также отрыты с помощью погрузчика, бульдозера или скрепера:

- 1 — уплотненные твердые отходы; 2 — вырытая земля; 3 — ежедневное покрытие из земли (15 см); 4 — земляное покрытие, полученное при отрытии траншеи

В обоих вариантах мусоровозы должны сбрасывать ТБО как можно ближе к месту засыпки. Размещение материала проводят на рабочей поверхности с уклоном 20-30°, а уплотнения добиваются двумя-пятью проходами бульдозера. Разгрузку, разравнивание и уплотнение необходимо выполнять так, чтобы получить тонкие ровные слои отходов и почвы, создать требуемый уклон, выдержать постоянные размеры секций. Схема засыпки должна позволять прохождение маршрутов транспорта через уже заполненные площади с целью дополнительного уплотнения отходов и почвы. Однако этого варианта следует избегать во влажную и дождливую погоду.

В последние годы наряду с технологией захоронения засыпкой начинают применять поверхностное складирование ТБО (Япония, США, Испания). Соответствующая технология испанской фирмы «Имабэ Иберика» апробирована в Москве и была

намечена к использованию в Ростове-на-Дону (Гарин...).

В основе способа поверхностного складирования ТБО лежит их брикетирование. При этом стандартные пресс-формы сжимают несортированный мусор от плотности 0,2-0,25 до 1,1-1,2 т/м³. Брикеты имеют форму призмы размером 1,1×1,1×2,5 м (объем ~2,5 м³, масса 3 т). На полигоне их укладывают штабелями высотой 5-8 м. Влажность прессованного мусора составляет всего 5-10%, отжимаемые стоки обеззараживаются тут же. Резко снижается выделение биогаза из прессовок (в ~20 раз). На обычных полигонах оно составляет ~200 м³/т ТБО. Срок службы полигона увеличивается в 2-3 раза.

Наряду с бытовыми на полигонах ТБО хоронят часть промышленных отходов. С учетом региональных условий предприятия, имеющие не утилизируемые токсичные отходы IV и III классов опасности, могут получать разрешение на их вывоз на полигоны ТБО в местных санитарно-эпидемиологических станциях и инспекциях пожарной охраны. Вопрос о количестве указанных отходов решается коммунальными службами исходя из конкретных условий (наличие площадей складирования, обеспеченности машинами и механизмами).

Основное условие приема ПО на полигоны ТБО — соблюдение санитарно-гигиенических требований по охране атмосферного воздуха, почвы, грунтовых и поверхностных вод. Промышленные отходы III класса опасности для совместного складирования с ТБО должны иметь влажность не более 85%, не быть взрывоопасными, самовоспламеняющимися и самовозгорающимися. Не принимаются ПО, температура воспламенения которых ниже 120°C, а также все отходы, способные к самовозгоранию за счет химических реакций и выделения тепла в толще складированной массы, эмитирующие пары и газы, которые могут дать взрывоопасные или ядовитые смеси с воздухом и другими газами полигонов.

Промышленные отходы IV класса опасности принимаются на полигоны ТБО без ограничений. Куски крупнее 250 мм укладывают в толщу рабочего слоя ТБО, а имеющие фракционный состав 0,15-250 мм и содержащие вредные вещества в допустимых пределах используют в качестве изолирующего слоя. Эти отходы характеризуются содержанием токсичных веществ в водной вытяжке (1 л воды на 1 кг отходов) на уровне фильтрата из ТБО, а интегрирующие показатели БПК и ХПК составляют в них не более 300 мг/л (Санитарная...).

Экологический мониторинг показывает, что в целом в окрестностях полигона твердых бытовых отходов территория ближе 3 км от него малопригодна для сельскохозяйственного использования (Бережной...).

Городское управление коммунального хозяйства ежегодно утверждает и передает на полигон список (перечень) обслуживаемых про-

мышленных предприятий с указанием, какие отходы и в каких количествах от них разрешено принимать. Лаборатория полигона ведет выборочный контроль доставляемых ПО. Отходы каждого предприятия проверяют не реже одного раза в квартал.

После исчерпания площади, отведенной для захоронения, поверхность свалки рекультивируют. Однако в толще отходов еще в течение десятков лет идут процессы анаэробного сбраживания органической части отходов с выделением биогаза. На местах бывших крупных свалок в ряде случаев оказывается экономически выгодным наладить его промышленное использование.

Биогаз полигонов ТБО содержит 40-65% CH_4 , 35-40% CO_2 и небольшое количество примесей, в частности сероводорода. При сгорании 1 м^3 биогаза образуется 18-25 МДж/ м^3 тепла. Запасы его значительны, составляя до 400 м^3 /т ТБО. Подсчитано, например, что тепло биогаза свалок Великобритании эквивалентно 2,5 млн т/год угля. Мировые объемы выделения биогаза ежегодно составляют по CH_4 9-20 Тг, по CO_2 — 20-43 Тг, что сравнимо с эмиссией CH_4 из основных антропогенных источников — угольной и нефтегазовой промышленности. Доля эмиссии метана с полигонов ТБО в суммарном потоке его от наземных источников в атмосферу оценивается в 2-7%, расчетная продолжительность выделения составляет 50-100 лет (Образование...).

Основной процесс газообразования на полигоне сводится к микробиологическому разложению органических компонентов, имеющему четко выделенную зональность. В верхней зоне полигона (0-1,5 м) протекает аэробный процесс, на более низких горизонтах располагается сфера анаэробного сбраживания. Анаэробный процесс включает несколько основных стадий: гидролиз, ацетогенную и метогенную; снижения биологической активности; полной ассимиляции. Они практически совпадают с этапами жизненного цикла полигона (Максимова...).

На границе анаэробной и аэробной зон находится переходной участок, в котором протекает процесс неполного окисления биогаза из нижней зоны. В аэробной зоне в естественных условиях имеет место полное окисление таких компонентов биогаза, как метан и водород, т.е. эффективно действует так называемый «окислительный» биофильтр. При рыхлении поверхности, высаживании трав на полигоне он работает еще более интенсивно. Однако при добыче биогаза его преждевременное аэробное превращение вплоть до момента использования является вредным. В этом случае газ резко снижает свою теплотворную способность за счет окисления части углеводов и повышения содержания углекислого компонента. Поэтому при отборе газа для хозяйственных нужд поверхность полигона должна быть хорошо уплотнена или укрыта, а отвод биогаза необходимо вести из зоны наибо-

лее активного восстановления его компонентов, обычно лежащей на глубине 2-6 м от поверхности.

Решение об использовании полигона в качестве источника энергии принимается при наличии следующих условий:

полезный потенциал газа не ниже 100 млн м^3 . Это соответствует мощности полигона 300-500 тыс. $\text{м}^3/\text{мес.}$;

период эксплуатации полигона как источника биогаза не менее 20 лет;

содержание метана в биогазе 45% и более;

минимальная скорость выделения газа 60 $\text{м}^3/\text{ч}$.

В настоящее время как газовые месторождения эксплуатируется более 150 полигонов ТБО, расположенных в 15 странах мира. Большая их часть (80%) находится в США, Великобритании, Германии.

Биогаз обычно используют в качестве топлива для удовлетворения бытовых потребностей населения близлежащих к полигону территорий, а также для собственных нужд полигона, включая технологические. В частности, известно его применение как топлива для печи плавления отходов с последующим их остеклованием (Trenand).

Основой газосборной системы полигона ТБО являются вертикальные газосборные скважины, шахтные колодцы или горизонтальные газоприемные трубопроводы, уложенные в толще отходов. Днище, борта и кровлю полигонов в участках газовыделения необходимо изолировать. Перед использованием биогаза желательно удаление из него влаги, сероводорода и диоксида углерода методами селективной адсорбции и мембранной технологии.

Удаление газа может быть реализовано в двух режимах: самопроизвольном и принудительном. Первый применяют при избыточном давлении внутри свалочного тела ниже 1 кПа и минимальной скорости выделения газа, не превышающей 60 $\text{м}^3/\text{ч}$. В этом случае биогаз целесообразно сжигать или рассеивать в атмосфере. При давлении газа более 1 кПа, во избежание опасных прорывов через изолирующее покрытие, необходима принудительная откачка газа с использованием его на потребительские цели.

Рекультивация площадей закрытого полигона может быть весьма эффективной. Так, в окрестностях Лос-Анджелеса расположен рекреационный комплекс площадью 243 га. Около 62 га этой территории в период с 1951 по 1969 г. использовалось в качестве санитарной засыпной свалки ТБО и ПО. В настоящее время на этом месте размещены спортивные сооружения, выставочный центр и конференц-зал, ипподром, гостиница и другие коммерческие и бытовые постройки. В генеральный план развития комплекса включен пункт утилизации биогаза, генерируемого на месте размещения бывшей свалки. С 1981 г.

здесь эксплуатируются 30 газодобывающих скважин, обеспечивающих подачу газа в бойлерные установки систем отопления и горячего водоснабжения зданий и спортивных сооружений комплекса.

7.2.3. Полигоны промышленных отходов

Эти объекты являются природоохранными сооружениями, предназначенными для регулярного обезвреживания и захоронения в одном месте токсичных отходов, загрязнений и некондиционных продуктов (веществ) промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений, расположенных в одной или нескольких промышленных зонах.

Обработка ПО на полигонах является более прогрессивным способом, чем сброс на свалки ТБО, поскольку наряду с захоронением и сжиганием здесь предусматриваются установки для промышленной обработки некоторых видов промотходов.

В соответствии со СНиПом 2.01.29-85 в составе полигонов предусматривается строительство трех основных объектов, которые могут быть размещены на одной или нескольких отдельно расположенных площадках:

цехов для обезвреживания токсичных ПО и некондиционных продуктов (веществ), предназначенных для их сжигания и физико-химической переработки с целью полного обезвреживания или понижения токсичности (класса опасности), перевода в нерастворимые формы, сокращения объемов, подлежащих захоронению;

участка захоронения, представляющего собой территорию, на которой располагаются специально оборудованные карты, или котлованы, куда складировуют различные группы токсичных твердых отходов и загрязнений;

гаража специализированного парка автомашин, предназначенных для транспортирования токсичных ПО.

Полигоны следует располагать в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых незатопаемых местах, на которых возможно осуществление мероприятий и инженерных решений, исключающих загрязнение населенных пунктов, зон массового отдыха и источников питьевого водоснабжения (открытых водохранилищ и подземных вод). Размер СЗЗ от полигона до населенных пунктов и открытых водоемов устанавливается с учетом местных условий (климат, рельеф, тип почв, направление ветров и т.д.), но не менее 3000 м. Полигоны должны располагаться на расстоянии не ближе 200 м от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог и

50 м от лесных массивов и лесопосадок. Их следует размещать, как правило, на участках со слабо фильтрующими грунтами (глина, суглинки, сланцы и т.д.), характеризующимися коэффициентом фильтрации не более 10^{-5} см/с. Уровень грунтовых вод при их наибольшем подъеме с учетом стоков, появляющихся при эксплуатации полигона, должен находиться не менее чем в 2 м от нижнего горизонта захороняемых отходов, заглубление которых обычно составляет 7-15 м.

Количество и мощность полигонов для каждого промышленного района обосновываются технико-экономическими расчетами.

В СССР проектирование полигонов для централизованной обработки ПО регламентируется уже упоминавшимися Санитарными правилами № 3183-84. Их требования распространяются на проектирование, строительство и эксплуатацию полигонов только для захоронения и сжигания отходов производства, для которых не разработаны методы утилизации.

Приему на полигоны не подлежат радиоактивные, а также пригодные для утилизации отходы: нефтепродукты, древесные (опилки, тара и т.д.), промышленные и строительные.

Все токсичные ПО, поступающие на полигоны, по своим физико-химическим свойствам и методам переработки подразделяются на группы, в зависимости от которых применяется тот или иной способ обезвреживания и захоронения. В СНиПе 2.01.29-85 указан примерный перечень тринадцати групп отходов и рекомендуемых методов их переработки. Приему подлежат только ПО I, II, III, IV и V, в настоящее время, классов опасности. Их перечень в конкретном случае согласовывается с органами санитарного надзора и заказчиком проекта полигона.

Горючие отходы подлежат сжиганию. Для этого на специально выделенном участке полигона необходимо ставить печь, режим работы которой обеспечивает сжигание при температуре 1000-1200°C, исключаящее загрязнение окружающего воздуха. Печь должна быть оснащена газоочистными и пылеулавливающими сооружениями.

На все отходы, вывозимые на полигон, нужно составлять паспорт с технической характеристикой состава отходов и кратким описанием мер безопасного обращения с ними при захоронении или сжигании. Паспорт представляется с каждым рейсом автомобиля на каждый из отходов за подписью ответственных лиц предприятия.

В процессе эксплуатации должен проводиться систематический текущий контроль службой полигона и выборочный контроль органами санэпиднадзора за уровнем содержания токсичных ингредиентов в грунтовых водах, в почве территории, прилегающей к полигону, в растениях вокруг него, а также в атмосферном воздухе в радиусе 3000 м.

Первым и одним из самых освоенных является введенный в эксплуатацию в 1967 г. опытный полигон «Красный бор», расположенный в 5 км от г. Колпино Ленинградской области и в 30 км от Санкт-Петербурга. Его общая площадь составляет 68 га, расчетный срок службы — 40 лет. В первые 30 лет эксплуатации полигон принял 1,5 млн т токсичных отходов. При выборе участка под полигон были учтены близкий выход к поверхности водоупорных кембрийских глин толщиной 80 м, незатопляемость полигона паводковыми водами, отсутствие близлежащих водоемов для водоснабжения, водоносных горизонтов.

По внешнему контуру полигон окружен кольцевым каналом, отводящим подземные и поверхностные воды с окружающей территории в р. Большая Ижора. Однако непосредственно с территории полигона сброс вод в канал не осуществляется.

Предприятия и организации города производят сбор и удаление ПО, как правило, самостоятельно.

На полигон принимают осадки очистных сооружений и все ПО, за исключением радиоактивных и подлежащих регенерации.

Поступающие отходы можно разделить на четыре основные группы:

жидкие, содержащие органические примеси. Они представляют более половины всех привозимых отходов. В их состав входят в разных количествах и сочетаниях углеводородные и высокомолекулярные соединения (продукты органического синтеза, смолы, органические растворители, синтетические каучуки, нефтеотходы и т.д.). Эти отходы горючи;

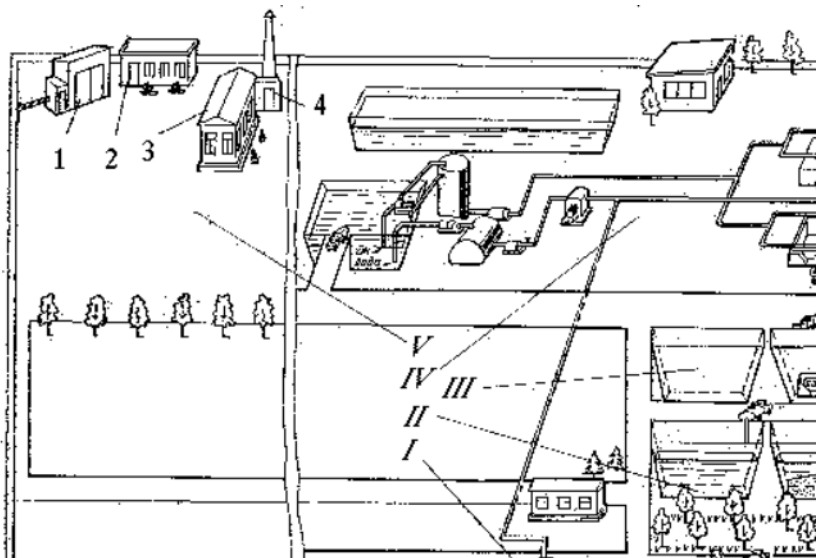
жидкие отходы гальванических производств с влажностью 96-98%, имеющие в своем составе целый спектр соединений цветных металлов. Они относятся к разряду негорючих;

твердые (сажа, пигменты, красители, наполнители, каолины, химреактивы, другие порошки) и условно твердые (грязь из мазутных резервуаров, нефтебитум, гудрон в смеси с водой и песком);

особо вредные, содержащие соединения цианистые, ртути и других сильнодействующих веществ.

Общая схема полигона представлена на рис. 7.3. В соответствии с нею, все принятые отходы подвергают захоронению в картах-котлованах или сжигают.

Карты имеют габариты (ширина-длина-глубина), равные 30-120 × 40-200 × 6-24 м, и занимают около 80% площади полигона. На остальной территории расположены печи сжигания жидких отходов, административно-бытовой корпус, складские и вспомогательные сооружения. К началу нашего века 63 карты были уже заполнены и законсервированы (прикрыты слоем глины).



**Рис. 7.3. Участки приема и обезвреживания
промышленных отходов на полигоне:**

I — участок обезвреживания промышленных отходов, содержащих неорганические соединения; II — участок захоронения негорючих промышленных отходов, содержащих органические соединения; III — участок захоронения особо вредных отходов; IV — участок термического обезвреживания жидких промышленных отходов; V — административный участок; 1 — контрольно-пропускной пункт и весовая; 2 — химическая лаборатория; 3 — административное здание; 4 — котельная

Жидкие промышленные отходы сливают в котлован непосредственно из автотранспортных цистерн через шланг по лоткам. Одновременно с жидкими принимают сыпучие тонкодисперсные промышленные отходы, которые поступают на полигон в цементовозах. Их также шлангом под напором подают в жидкие отходы, что приводит к интенсивному перемешиванию смеси. При заполнении котлована соотношение объемов жидких и твердых отходов поддерживают равным 0,5. Образовавшуюся массу вязкой консистенции, не склонную к расслоению, закрывают трехметровым слоем глины и растительного грунта, сеют траву, сажают деревья и декоративные кустарники.

Особо вредные промышленные отходы принимают на полигон в герметично закрытых металлических контейнерах. Последние автокраном опускают на дно котлована, отведенного для их захоронения. Каждый контейнер со всех сторон засыпают полуметровым слоем глины,



Рис. 7.4. Принципиальная схема установки термического обезвреживания ПО

трудностей, а сжигание нефтеотходов в открытых бункерах приводит к сильному задымлению и загрязнению воздушного бассейна токсичными продуктами неполного сгорания. Поэтому с 1975 г. на полигоне используют также термический метод обезвреживания жидких отходов (рис. 7.4). Особенность схемы состоит в том, что в печи наряду со сжиганием жидких горючих обезвреживают жидкие негорючие отходы, содержащие органические и минеральные примеси. Горючие отходы вместе с воздухом поступают в камеру сгорания. Продукты сгорания используются в рекуператоре и выбрасываются в атмосферу, жидкие негорючие отходы в нем нагреваются. Пары легколетучих органических соединений и азеотропных смесей, а также упаренный раствор, насыщенный высококипящими органическими примесями, поступают в камеру сгорания, где термически обезвреживаются. Горючие отходы сжигают в футерованной части камеры при тангенциальной подаче воздуха в три зоны с определенным соотношением их расхода (трехступенчатый режим горения). В последнюю зону, расположенную около выхода из камеры сгорания, воздух подается с направления, противоположного двум другим. Температура газов в центре горения составляет 1200-1300°C, на выходе из печи 400-600°C. При выбранных режимах на одной установке ежедневно в среднем сжигается до 10 т горючих отходов и термически обезвреживается до 60 т.

Однако до сих пор все семь печей полигона не оснащены системой газоочистки, что вызывает постоянные протесты населения.

На опытном полигоне разработан и внедрен также каскадный метод обезвреживания отходов гальванических производств. Он тоже не связан с захоронением всего объема отходов и заключается в химиче-

а сверху располагают следующий их ряд. По мере заполнения котлована контейнерами его засыпают глиной, последнюю покрывают растительным грунтом, на котором сеют траву, высаживают деревья и кустарники.

Как показала практика, захоронение жидких отходов в котлованах, отрытых в толще глин, сопряжено с рядом

ской нейтрализации токсичных примесей. Процесс происходит в последовательно соединенных емкостях, вырытых в толще глины.

Жидкие отходы с влажностью 96-99% поступают в приемник для естественного осаждения взвеси, солей, шламов, механических примесей. Осветленный раствор, содержащий растворимые соли металлов, переливают в емкость окисления-восстановления; туда же поступают отходы железного купороса.

После окончания окислительно-восстановительного процесса жидкую фазу переливают в нейтрализатор, где осаждают тяжелые металлы в виде гидроксидов и солей. Необходимую щелочность среды создают добавлением отходов, содержащих известь, едкий натрий, кальцинированную соду, поташ. Обезвреженную жидкость с растворенными солями калия, натрия, магния и другими в концентрациях, не превышающих ПДК, направляют на испарение. По мере накопления осадка в первой емкости каскад перемещается: вторая емкость становится первой, третья — второй, четвертая — третьей, для четвертой емкости отрывают котлован. Первую емкость покрывают слоем глины и растительного грунта, затем сеют травы, сажают деревья и декоративные кустарники.

Каскадный метод обезвреживания отходов, содержащих минеральные примеси, позволяет вести этот процесс непрерывно, с относительно небольшими затратами земельных площадей, так как непосредственному захоронению подвергается лишь небольшая часть отходов — твердых токсичных, шламов и взвесей. Основную массу отходов (около 90%) в виде обезвреженной жидкой фазы не захороняют. Вместе с тем локальное накопление в определенных емкостях тяжелых металлов в виде гидроксидов и нерастворимых солей создает предпосылки для их дальнейшего извлечения и утилизации.

Следует отметить, что в настоящее время «Красный бор» в связи с истечением расчетного срока службы находится в критическом состоянии. Его карты переполнены, возможен прорыв ограждающих дамб. На международном уровне полигону присвоен статус «горячая точка №23 ХЕЛ и КОМ».

К числу первых российских относится также введенный в действие в 1973 г. экспериментальный полигон для захоронения и уничтожения отходов предприятий Дзержинска и Горького (в основном автозаводов). В нем наряду со складированием отходов на площадках-котлованах и в штабелях предусмотрена технология сжигания твердых отходов в барабанной печи с утилизацией тепла в котле ДКВР-65/13, а жидких и смолообразных отходов — в циклонной топке с плавильной ванной также с утилизацией тепла и очисткой дымовых газов.

Полигон был закрыт в 1991 г. ввиду значительного загрязнения окружающей среды поступающими на него отходами. Отметим два главных фактора, повлиявших на это решение:

за счет плохой гидроизоляции уже через два года подземные воды региона были загрязнены;

Очистка отходящих газов практически не работала.

Обе причины не являются недостатками, органически присущими именно полигонному способу размещения отходов. Проблема улавливания газообразных загрязнителей — общая для России, поскольку известные в мировой практике способы газоулавливания в нашей стране до сих пор практически не освоены. За рубежом накоплен также большой опыт создания надежной гидроизоляции полигонов. Достаточно распространенный ее вариант сводится к следующему. На искусственное песчаное ложе укладывается покрытие из пленки толщиной 2,2 мм. На ней формируется дренажный гравийный слой с разветвленной системой труб диаметром 40 мм из ПВХ. На дренажный слой укладывается пленочное покрытие толщиной 2,5 мм. Полигон разбивают на карты размером 100×100 м. В центре каждой из них устанавливается шахта диаметром до 3 м с телескопически наращиваемой по мере повышения уровня отходов верхней частью для сбора и откачки дренажных сточных вод. К шахте подводят также разветвленную систему труб из ПВХ, уложенных между двумя слоями пленочного покрытия. При нарушении целостности его верхнего слоя дренажные воды по трубам из ПВХ начинают поступать в шахту, сигнализируя о масштабах разгерметизации. При превышении определенной интенсивности поступления сточных вод пространство между слоями пленочной изоляции герметизируют, нагнетая по трубам из ПВХ цементно-глинистое расширяющееся вяжущее. Данная система хорошо зарекомендовала себя на полигоне с расчетным объемом отходов 20 млн м³ (Воескн).

Ценный опыт, накопленный при проектировании, строительстве и эксплуатации первых в стране полигонов для организованного обезвреживания ПО, позволяет перейти к более широкому внедрению промышленной технологии обезвреживания и складирования отходов промышленных предприятий.

В разное время разработана документация для полигонов промотходов Ульяновска, Риги, Омска, Днепропетровска, Кривого Рога, Глазова, Новосибирска, Бердска, Искитима, Кишинева и других городов.

Самый большой в мире полигон (Fresh kills) расположен на острове Staten, недалеко от Нью-Джерси (США). Он содержит около 84 млн м³ мусора, в том числе каменные обломки двух башен Торгового центра Нью-Йорка, разрушенных 11 сентября 2001 г. в результате террористической атаки смертников на гражданских самолетах с экипа-

жами и пассажирами на борту. Размеры полигона столь велики, что его видно из космоса. При площади 8,4 км², он является самой высокой точкой на Восточном побережье США. Полигон эксплуатировался в 1947-2001 гг. (Jessen).

Основной недостаток полигонов захоронения отходов обусловлен незначительной долей утилизации последних, главным образом в виде тепловой энергии. Кроме того, существование полигона ограничено во времени имеющимися в наличии площадями, при использовании которых он неизбежно закрывается.

Низкая степень утилизации отходов, отсутствие свободных площадей обусловили появление директивы №75/422 ЕС, ст. 5, в соответствии с которой выдачу разрешений в ЕС на полигонное захоронение прекратят в 2010 г. В плане устранения отмеченных недостатков гораздо большие возможности имеет централизованная заводская переработка отходов.

7.2.4. Заводская переработка ПО на полигонах

Это направление получило распространение в развитых странах Европы и США. При более высокой степени утилизации отходов в данном случае практически исключается их захоронение на территории полигонов. Образующиеся на полигоне вторичные отходы (золы, шлаки, обезвоженные гальваношламы и др.) по мере накопления вывозятся для переработки на промышленных установках в строительные материалы или иную товарную продукцию. Установки входят в состав промышленных предприятий и перерабатывают, как правило, один вид первичных или вторичных отходов по известным или специально для них разработанным технологиям.

Одним из первых предприятий с заводской переработкой отходов является уже упоминавшийся завод «Коммуникеми» (г. Ниборг, Дания), введенный в эксплуатацию в 1979 г. и рассчитанный на переработку 80 тыс. т ПО в год. Завод занимает площадь 5 га. Его приемный пункт имеет подъездные автомобильные дороги и железнодорожную ветку, вдоль которой на длине 170 м построена платформа, предназначенная для разгрузки бочек и товарных вагонов. Специальное место выделено для разгрузки железнодорожных цистерн.

Для опорожнения цистерн, привозящих нефтеотходы, растворители, жидкие токсичные отходы, применяется трубопроводный транспорт, поэтому начиная с места разгрузки и до обезвреживающей установки персонал не имеет непосредственного контакта с разгружаемыми материалами.

Пастообразные отходы химической промышленности, использованные консистентные смазки, жироподобные вещества привозят в бочках, которые устанавливают на движущийся рольганг, вскрывают специальными ножами и транспортируют далее к месту сжигания.

В состав основного технологического оборудования, смонтированного на заводе, входят:

установки для обработки использованных масел, загрязненных растворителей, неорганических химических загрязнений, сжигания и прокаливания промышленных твердых жидких и пастообразных отходов (барабанная печь);

котел-утилизатор и система очистки дымовых газов;

специальная циклонная печь с мокрой очисткой дымовых газов для термического обезвреживания галогенсодержащих углеводородов.

Значительное место на заводе занимают наземные резервуары для хранения жидких химических отходов и нефтепродуктов. Для складирования твердых отходов на время ремонта или технического обслуживания оборудования предназначено специальное хранилище.

Технологическая схема завода «Коммуникеми» представлена на рис. 7.5. Здесь от одной станции контроля и приемки отходов, поступающих по железной дороге и автотранспортом, ответвляются две линии сжигания для галогенсодержащих и остальных отходов.

Доставленные на завод отработанные масла и нефтесодержащие материалы подвергаются обработке нагревом до $90-100^{\circ}\text{C}$ и последующим отстаиванием в вертикальных резервуарах, где они разделяются на четыре фракции: осадок, перекачиваемый на сжигание насосами и предварительно проходящий через дробилки; воду, подаваемую в камеру дожигания; масло, идущее к потребителям для вторичного использования; легковоспламеняющиеся отходы. Последние собираются в верхней части резервуара и направляются в конденсатор, а затем в жидком виде смешиваются с растворителями, привозимыми отдельно, и поступают на сжигание. Растворители служат топливом для барабанной печи, являющейся основным оборудованием завода для обезвреживания отходов. Твердые и жидкие шлаки на выходе из барабанной печи попадают в мокрый шлаковый бункер и транспортируются на склад. Несгоревшие частицы и отходящие газы поступают в камеру дожигания, где поддерживается температура $900-1000^{\circ}\text{C}$.

Если вследствие низкой теплоты сгорания отходов и неполного их горения температура в барабане понижается, то через расположенную сбоку горелку подается дополнительное топливо.

Для обеспечения полного выгорания отходящих газов в камеру вторичного сжигания с большой скоростью вдувают воздух.

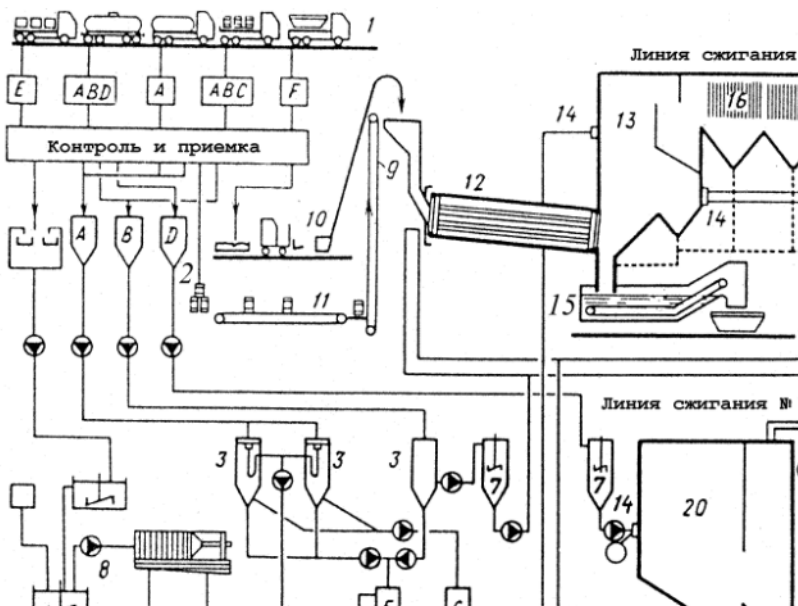


Рис. 7.5. Технологическая схема завода «Коммуникеми»:

1 — разгрузочная платформа; 2 — приемные резервуары; 3 — разделочные резервуары; 4 — бак-накопитель; 5, 6 — расходные баки; 7 — мешалки; 8 — фильтр-пресс; 9-11 — загрузочные устройства; 12 — барабанная печь; 13 — камера дожигания; 14 — форсунка; 15 — шлакоудаление; 16 — котел-утилизатор; 17 — электрофильтр; 18 — дымосос; 19 — труба; 20 — камерная печь; 21-25 — система мокрой очистки газов

Расположенный после камеры дожигания паровой котел обеспечивает тепловой энергией завод. Избыток пара используется для подогрева воды в системе теплоснабжения г. Ниборга. Температура перегретого пара составляет около 240°C , выходящих газов — $280-300^{\circ}\text{C}$. Их очищают в электрофильтре.

Шлаки и обезвоженные гальванические шламы вывозят в определенное место и складывают.

Линия сжигания галогеносодержащих материалов значительно меньше предназначенной для остальных отходов. Вместо барабанной там применяют камерную печь. Специфика отходящих токсичных газов требует их мокрой очистки в скруббере. Образующуюся сточную воду нейтрализуют известью, а дымовые газы объемом $30000 \text{ м}^3/\text{ч}$ через тру-

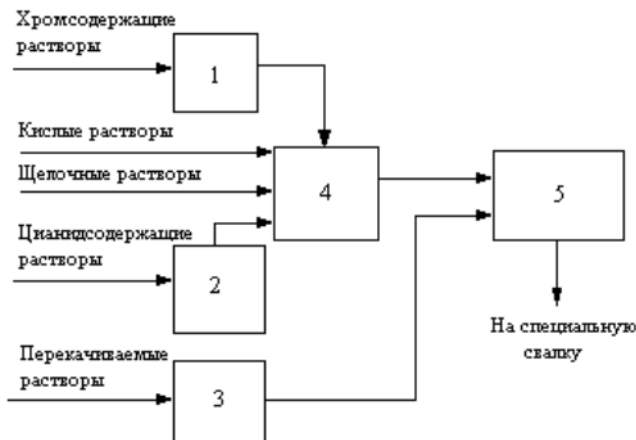


Рис. 7.6. Схема работы химической линии:

1 — восстановление; 2 — окисление; 3 — обработка пульпы;
4 — нейтрализация; 5 — фильтр-пресс

бу выбрасывают в атмосферу. Сточную воду сливают в систему городской канализации, а обезвоженный шлам направляют на площадку хранения для дальнейшего использования на промышленных установках.

Другим примером современного предприятия с заводской технологией переработки и утилизации ПО является комплекс, построенный в Финляндии фирмой АО «Суомен Онгелмаяте» в 1984 г. с годовой производительностью по отходам 65 тыс. т. Последние включают маслосодержащие, сжигаемые органические, растворители, неорганические, ПХБ, гербициды и другие типы отходов. Для каждого их вида предусмотрена своя разгрузочная линия (рис. 7.6).

Поступающие на завод отходы в зависимости от их свойств подвергают химической или термической обработке.

Вещества, предназначенные для химической переработки, подают на установку в виде раствора или пульпы, где они превращаются в безопасные и менее вредные соединения или осаждаются в труднорастворимых формах, отделяемых фильтрацией и отправляемых на специальную свалку. Фильтрат, в котором содержание вредных веществ ниже предельных значений, согласованных с органами власти, спускают в канализационную сеть близлежащего города.

Установка термической переработки состоит из барабанной печи с камерой дожигания, котла-утилизатора, системы очистки отходящих газов и предназначена для обезвреживания около 50 тыс. т/год отхо-

дов. На нее поступают следующие их виды: жидкие (отработанное масло, органические, галогенсодержащие растворители, ПХБ, сжигаемые сточные воды); пастообразные (лакокрасочные, красочные и клеевые, масляные пульпы); твердые (упакованные в бочках, больничные и др.); газообразные — отходящие газы из вакуумных насосов приемного пункта отходов.

Большой опыт обезвреживания ПО накоплен в Швеции. В стране существует шесть пунктов приемки и частичной предварительной переработки опасных отходов. В 1983 г. введен в эксплуатацию центральный завод «Сакаб» близ г. Норрторп. На него поставляются опасные ПО с территории всей страны. Схема их переработки в целом соответствует технологии, принятой на заводах Дании и Финляндии. Аналогичные заводы и установки имеются и в других странах.

В России заводская переработка ПО на полигонах не применяется.

7.2.5. Захоронение в море

В ряде случаев наиболее экономичным способом размещения отходов, особенно для прибрежных населенных пунктов, является их захоронение в Океане и его морях. Общий тоннаж морского захоронения, реализуемый вывозом судами, без учета других средств, составляет, по данным Н.Ф.Реймерса, более 100 млн т. Основную массу (около 80%) этих отходов представляют грунты, вынутые при дноуглубительных работах, 10% — отходы промышленности, 9% — отстой сточных вод, остальное — строительный мусор, взрывчатые вещества и радиоактивные отходы. Проблема захоронения последних рассматривается специально (разд. 8.3).

До сих пор неизвестны все, особенно долгосрочные, последствия захоронения отходов на больших глубинах. Однако в ряде случаев негативное влияние этого выявляется достаточно определенно.

Опасность для водных объектов рыбохозяйственного назначения представляет ряд металлов (мышьяк, сурьма, кадмий, свинец, ртуть, никель, хром и др.) с весьма низким ПДК (0,1-0,001 мг/л). Источником их попадания в море служат водопровод и канализация (свинец, ртуть), стоки автострад (кадмий, никель, хром, свинец), несанкционированные сбросы промышленных предприятий (кадмий, ртуть, хром, никель) и т.п. Как следствие, например, ртуть, сброшенная в море одним из химических заводов в Японии, попав в организм рыб, а затем на стол потребителей рыбной продукции, стала причиной инвалидности и даже смерти многих жителей страны Восходящего Солнца (разд. 2.6.2.2).

Крайне опасны некоторые органические вещества химических производств, ПДК которых для водных объектов рыбохозяйственного назначения составляют 0,003-0,0001 мг/л (анилин, пиридин, фенол и др.). Присутствие некоторых веществ в воде и их производство запрещены вследствие ярко выраженного кумулятивного эффекта этой органики, приводящего к ее накоплению в тканях животных и растений. Классическим примером такого случая является ДДТ, использовавшийся в качестве пестицида и обнаруженный впоследствии в четко измеряемых концентрациях в организмах антарктических пингвинов. Именно эта информация послужила основанием для запрещения не только использования ДДТ в сельском хозяйстве, но и его производства.

Большую потенциальную угрозу отдельным районам моря представляют затопленные артиллерийские снаряды и бомбы с боевыми отравляющими веществами. Так, значительные запасы химического оружия сброшены в различных районах Балтийского моря гитлеровской Германией в 1945 г., когда для нее стала очевидной неотвратимость полного поражения в ближайшее время. Места сбрасывания этого страшного оружия документально не зафиксированы. Следует добавить, что уже после Второй мировой войны, в 1946-1978 гг., западными странами-победительницами в Балтийском море на глубине 100-150 м затоплено 357 тыс. т боеприпасов и контейнеров фашистской Германии (Довгуша...).

По расчетам специалистов, в результате водной коррозии снарядные оболочки в настоящее время близки к разрушению с соответствующей утечкой ядовитых газов. Возможно, что часть их уже разрушена. Некоторые вероятные сценарии последствий этого предсказывают экологическую катастрофу всего бассейна Балтийского моря (разд. 1.8.4).

Резюмируя изложенное по размещению отходов в море, следует сказать, что в настоящее время отсутствуют специальные руководства, требования и стандарты по такому захоронению. Достаточно очевидно, однако, что районы последнего должны находиться вне континентального шельфа, на расстоянии не менее 40 км от берега. В море можно сбрасывать лишь материалы, плотность которых выше, чем морской воды. Все другие отходы необходимо затоплять в контейнерах, герметичность и прочность которых гарантируют охрану окружающей среды.

7.3. Локальное размещение

7.3.1. Поверхностные хранилища

Как уже отмечалось, отходы предприятий весьма разнообразны по свойствам и воздействию на окружающую среду. Они состоят, как правило, из активных веществ, которые, накапливаясь в почве, подземных водах и атмосфере, постепенно загрязняют их. Чтобы предотвратить заражение подземных вод и поверхностных источников, используют различные накопители. Конкретные их типы и способы возведения в каждом случае определяются местными условиями и характером отходов.

Одним из основных способов захоронения крупнотоннажных твердых, жидких и пастообразных отходов является их складирование в поверхностных хранилищах. Хотя данные материалы обычно не относятся к токсичным, однако в случае неправильного размещения или конструктивных недостатков хранилища возможно значительное загрязнение почвы и водоемов. Для исключения этого стремятся предупредить фильтрацию через ложе хранилищ и ограждающие их дамбы и плотины, организуют перехват просачивающихся вод экранами из естественных грунтовых или искусственных материалов. Из первых лучшие противofильтрационные свойства имеют тяжелые суглинки и глины. Их толщина в ложе хвостохранилищ может достигать 3 м. К искусственным относятся шламистые материалы, полиэтиленовые пленки, асфальтобитум, асфальтополимербетон. Используется также ряд добавок к естественным и искусственным материалам: синтетические смолы, жидкое стекло, ПАВ и др. Противofильтрационные экраны можно выполнять однослойными, многослойными, из одного или нескольких материалов, с дренажными устройствами и без них. Отметим особенности экранов из некоторых материалов.

Широко распространены *экраны из суглинка* — массового и дешевого материала. Недостатки этого покрытия проявляются при экранировании больших площадей: в этом случае требуются сотни тысяч кубометров грунта и большие объемы трудоемких работ, связанные с его послойной укладкой и укаткой. Кроме того, экраны из суглинка не исключают полностью фильтрации и с течением времени разуплотняются.

Высокодисперсные *глины* используют при изготовлении экранов толщиной более 0,3 м, создаваемых послойной укладкой и уплотнением материала. Из глин сооружают также противofильтрационные стенки. Недостаток этого варианта — сезонность работ: в зимнее время нарушается процесс диспергации глинистых частиц в растворах, что резко ухудшает их отложения на грунтах, подлежащих экранированию.

Шламыстые материалы применяют для создания противофильтрационных экранов на хвостохранилищах. Экран формируют, подавая пульпу в хвостохранилище таким образом, чтобы илстые частицы осаждались на заданных участках отстойного пруда. Такие экраны требуют значительных затрат на их формирование.

Асфальтобитумные и аналогичные им покрытия обладают хорошими эксплуатационными свойствами. При их создании слой крупнозернистого асфальтобетона толщиной 5 мм укладывают по выровненному и уплотненному катками основанию. Затем на асфальтобетон наносят три слоя по 2 мм битумно-латексной эмульсии. Поверх нее укладывают рулонную металлическую сетку из проволоки диаметром 3 мм, образующую ячейки 100×100 мм. Ее покрывают слоем мелкозернистого асфальта толщиной 3 мм. Перед нанесением первого слоя асфальтобетона все ложе накопителя обрабатывают гербицидами, чтобы исключить прорастание семян растений, способное нарушить целостность экрана.

Полимерные синтетические пленки в последние годы получили наиболее широкое распространение. Тем не менее им присущ ряд недостатков: легкость механического повреждения, трудности с обеспечением герметичности при значительных площадях покрытия, высокая чувствительность к растягивающим усилиям. Поэтому при использовании синтетических пленок необходимы тщательная планировка поверхности, удаление растительных остатков и крупных включений из грунта. Кроме того, полимерные материалы могут оказаться нестойкими к воздействию химических компонентов стоков, а после начала эксплуатации поверхностного хранилища они становятся практически недоступными для ремонта.

Наиболее эффективны *комбинированные противофильтрационные экраны*, представляющие собой сочетание полимерных пленок с грунтовыми материалами. Их выполняют грунто-пленочными или грунто-пленочными с дренажем. В первом случае полимерная пленка укладывается между двумя слоями слабопроницаемых глинистых грунтов, в которые добавлены синтетические смолы, битумы, цементы и другие материалы, увеличивающие противофильтрационные свойства глинистых грунтов. Во втором случае дренажное устройство отводит фильтрат, проникающий через уложенную пленку. Схема этого устройства может выглядеть следующим образом. На естественную поверхность ложа укладывают слой песка толщиной 30 см, затем настилают пленку. На нее кладут второй слой песка высотой 15 см и слой глины толщиной 30 см. В слое, расположенном ниже полимерной пленки, оборудуют песчаный фильтр с перфорированными трубами, обеспечивающими сбор и отвод загрязненных вод, проникающих через пленку. Аналогичные фильтры создают также в глинистых и песчаных слоях,

расположенных над полимерной пленкой. Комбинированные экраны несложны в исполнении, надежны в работе, но отличаются высокой стоимостью изготовления.

Конструкция поверхностных хранилищ зависит от рельефа местности. В настоящее время выделяют равнинные, косогорные, овражные, пойменные и речные, а также котлованные и насыпные конструкции.

Хранилища *равнинного* типа располагают на малопересеченной местности. Выбранные участки с небольшими естественной впадиной или уклоном ограждают со всех сторон дамбами — гидротехническими сооружениями в виде вала из земли, камня или бетона. Отходы сбрасывают внутрь образованного искусственного бассейна. Если они представлены жидко-твердой фазой, то происходит их осветление за счет осаждения твердого; отстоянную воду откачивают как оборотную.

Особенностью данного типа хранилищ является относительно небольшой приток талых и дождевых вод и устройство дренажных канав для сбора фильтрующих вод практически по всему периметру сооружения. К достоинствам относится возможность прекращения эксплуатации объекта без значительных материальных затрат.

Хранилища *косогорного* типа сооружают на склонах возвышенностей, насыпая дамбы с 3 сторон. Осветленные воды отводятся водосборными сооружениями, через которые спускают также паводковые и дождевые воды. Последние могут удаляться и по специально сооружаемым каналам.

Хранилища *овражного* типа возводят в оврагах и балках, выход из которых перегораживают дамбой. Объем паводковых и дождевых вод в данном случае может быть значительным, превышая количество осветленных вод в несколько раз. В этом варианте паводковые воды необходимо пропускать через водосборные сооружения хранилища или аккумулировать их.

Хранилища *пойменного* типа располагаются в поймах рек с наклоном к последним. Дамбы хранилищ возводят с 3 сторон. В хранилищах такого типа требуется особая защита низового откоса дамбы от воздействия реки во время половодья. Следует также предотвращать попадание в нее фильтрующихся через дамбу сточных вод хранилища. Поэтому дамба со стороны реки имеет сложную конструкцию, обеспечивающую ее прочность и неразрываемость.

Хранилища *речного* типа строят в долинах рек, которые в двух местах перегораживают плотинами. Эти сооружения являются наиболее сложными и дорогостоящими, так как необходимо отводить реки на участке между плотинами, обычно через тоннели или коллекторы. Такие хранилища создают в исключительных случаях, при невозможности устройства объектов других типов.

На сильнопересеченной местности можно располагать хранилища *комбинированного* типа (равнинно-овражные, косогорно-равнинные и др.).

В настоящее время используют преимущественно сооружения равнинного, косогорного и овражного типов.

Во всех видах хранилищ водосборные устройства выполняют в виде донных труб или тоннеля.

В последние годы созданы новые типы хранилищ. Так, институт «МосводоканалНИИпроект» разработал и частично внедрил экономичные индустриальные технологии депонирования обезвоженных осадков сточных вод (Вайсфельд...). Они предусматривают два варианта: складирование в специально подготовленный котлован (рис. 7.7) или в виде насыпных холмов (рис. 7.8).

При депонировании осадка в *котловане* по его периметру в грунте обустраивается стена из глиноцементного замка, предотвращающего фильтрацию загрязненных вод в подземные горизонты. Кроме противофильтрационной стены, в целях экологической безопасности дно котлована выстилается ковровым покрытием из специального материала «бентомата», который после поливки водой разбухает, приобретая вязкую, глиноподобную консистенцию, создавая гидронепроницаемый слой. Укладка осадка в котлован производится экскаваторами, располагаемыми по его краям. В случае большой ширины котлована по его дну прокладываются железобетонные ряжи для прохода экскаватора, которые впоследствии захороняются в осадке. Осадок поверху засыпается слоем песка, на который накладывается бентоматовый замок. Для окончательной рекультивации бентоматовый (бентонитовый) слой по-

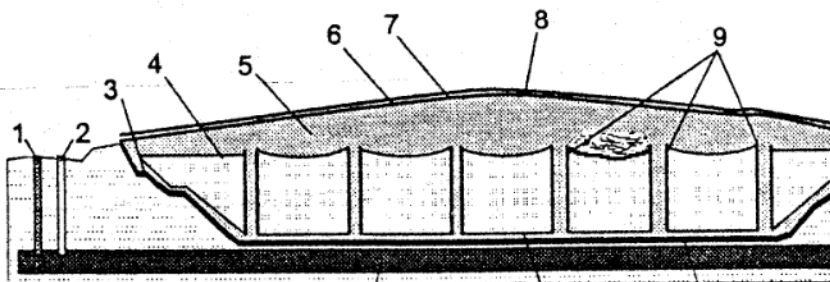


Рис. 7.7. Схема депонирования осадка в специальном гидротехническом сооружении котлованного типа:

- 1 — ПФЗ; 2 — дренажные скважины; 3 — дренаж; 4 — осадок (9,5 м); 5 — песчаный грунт (2,5-6 м); 6 — экран из бентонитовых матов (0,01 м); 7 — песчаный грунт (0,7 м); 8 — растительный грунт (0,3 м); 9 — ряжевые перегородки; 10 — юрские глины (1,9-6 м); 11 — надюрские глины

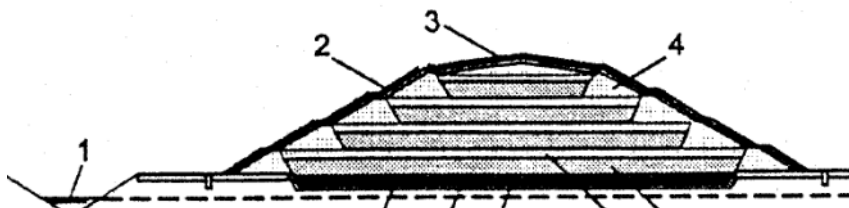


Рис. 7.8. Депонирование осадка в виде насыпных холмов при отсутствии в основании полигона водоупорных слоев:
 1 — дренажный канал; 2 — глиняный экран; 3 — растительный слой грунта; 4 — дамба обвалования; 5 — осадок сточных вод (влажность 60-65%); 6 — песчаный слой перекрытия; 7 — дренажный слой; 8 — трубчатый дренаж

крывают защитным слоем песка и слоем земли, в последующем засеваемым травой.

Для котлованного (подземного) захоронения разработано несколько вариантов: складирование осадка без наполнителя; траншейная укладка без наполнителя; совместное захоронение осадка с твердыми бытовыми, промышленными отходами или грунтом. Для предотвращения вторичного выделения газов в теле захороненного осадка устраиваются специальные скважины, оборудованные на оголовках газовыми биофильтрами, или осуществляется послойное известкование укладываемого осадка.

При высоком расположении грунтовых вод альтернативным котлованному депонированию является вариант создания *обвалованных насыпных холмов*, представляющих озелененные ландшафтные парковые объекты.

В этом варианте осадок складировается над уровнем поверхности земли, а основания холмов закладываются выше максимального паводкового уровня подземных вод во избежание подтопления участков депонирования. Захоронение осадка производится без добавления грунта послойно: 2 м осадка и 1 м песка в качестве перекрытия. Общая высота холмов 12-15 м, поверх последнего песчаного слоя укладывается противифльтрационный слой из глины толщиной 0,5 м и слой грунта, на который высевается трава и высаживается кустарниковая растительность. В результате каждый могильник осадка представляет собой пологий террасный холм с крутизной откосов 7,5-9°, покрытый растительностью. Предотвращение загрязнения окружающей среды возможными водными или газовыми выбросами в этом варианте предусматривается теми же способами, что и в траншейной технологии.

По агрегатно-фазовому составу принимаемых отходов все поверхностные хранилища можно разделить на накопители жидких однофазных и многофазных (гетерогенных) стоков, а также твердых отходов. К первым относятся пруды-накопители, пруды-испарители, ко вторым — хвосто- и шламохранилища, отстойники, к накопителям твердых отходов — золо-, шлако-, шламоотвалы и др.

Накопители однофазных стоков принимают практически гомогенные интенсивно окрашенные промышленные сточные воды с сильным запахом, содержащие большое количество солей. При высоком (более 100 г/л) содержании соли, представленной по преимуществу одним соединением, сточные воды целесообразно упаривать с целью извлечения выпавшего в осадок вещества. В эти же накопители сливают промышленные стоки с большим количеством растворенных органических веществ, извлечение которых экономически нецелесообразно, а также отработанные кислоты (серную, соляную, азотную и др.) различных концентраций. В накопителях не следует отправлять загрязненные стоки, которые после обработки на очистных сооружениях можно было бы сбрасывать в водоемы, или условно чистые и слишком концентрированные сточные воды, например соляную кислоту.

Основу пруда-накопителя-испарителя составляют дамба и противофильтрационная завеса из водонепроницаемого материала, заглубленная до слоя глины (рис. 7.9).

Накопители многофазных стоков принимают водные суспензии (система твердое — жидкое) минеральных и органических веществ различного состава с концентрацией твердого 20-100 г/л. Это, как правило, отходы процессов очистки и подготовки сточных и природных вод, основных технологических процессов. Их направляют в хвосто- и шламохранилища. В накопителях в процессе отстаивания взвесь переходит в осадок, а вода осветляется.

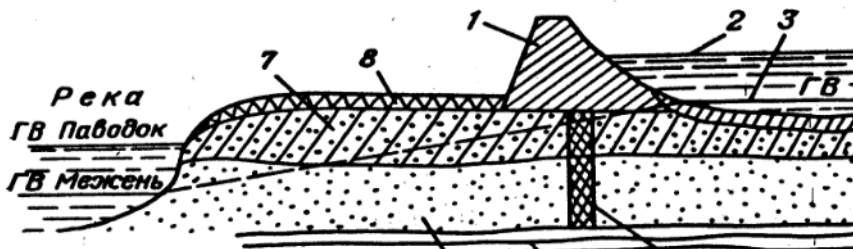


Рис. 7.9. Пруд-накопитель-испаритель:

- 1 — дамба обвалования; 2 — максимальный расчетный уровень стоков; 3 — горизонт воды (ГВ) в озере-солончаке до устройства пруда; 4 — противофильтрационная завеса из бентонитовых глин;
- 5 — глина; 6 — пески; 7 — суглинки; 8 — почва

Хвостохранилища предназначены для сбора пульповых отходов основных производств предприятий, прежде всего обогатительных фабрик черной и цветной металлургии. Они являются ядром хвостового хозяйства, состоящего из комплекса сооружений и установок гидравлического транспортирования и укладки отвальных продуктов этих предприятий. Жидкую часть пульпы после осветления последней в отстойном пруду и обработки в очистных сооружениях используют в оборотном водоснабжении фабрик (рис. 7.10).

По способу возведения хвостохранилища подразделяют на *намывные* и *наливные*. В сооружениях первого типа при укладке хвостов ограждающие сооружения (дамбы обвалования) возводят намывом хвостов в течение всего времени эксплуатации хранилища. У наливных хвостохранилищ ограждающие дамбы сразу возводят на проектную высоту.

В России на различных предприятиях эксплуатируют множество хвостохранилищ: только на фабриках обогащения руд цветных металлов более 100, руд черных металлов — свыше 40. Капитальные вло-

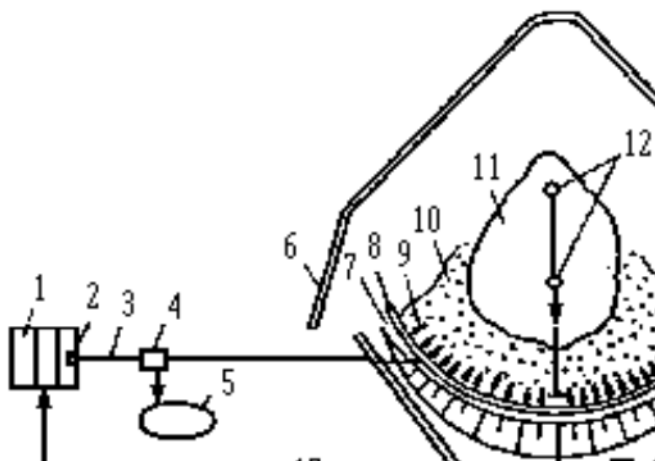


Рис. 7.10. Схема сооружений хвостового хозяйства:

- 1 — обогатительная фабрика; 2 — хвостовой зумпф; 3 — магистральный хвостопровод; 4 — пульпонасосная станция; 5 — аварийный бассейн; 6 — нагорная канава для отвода поверхностных вод с водосборной площади; 7 — дамба хвостохранилища; 8 — распределительный хвостопровод; 9 — выпуски хвостовой пульпы; 10 — отложения хвостов (пляж); 11 — отстойный пруд; 12 — водоприемные колодцы; 13 — дренажная канава; 14 — дренажная насосная станция; 15 — очистные сооружения; 16 — насосная станция оборотного водоснабжения; 17 — трубопровод оборотной воды

жения в сооружения хвостового хозяйства составляют 10-35% стоимости горно-обогатительных комбинатов, эксплуатационные расходы достигают 30% затрат на переработку полезных ископаемых при числе занятых, равном 7-9% персонала обогатительных фабрик.

По степени ответственности сооружений и последствиям их разрушения хвостохранилища делят на 5 классов. К первому относятся сооружения с вместимостью 100 млн м³ и более, относящиеся к особо ответственным. Их авария сопряжена с катастрофическими последствиями для населения и предприятий, а также с отравлением, загрязнением водоемов и водотоков питьевого назначения. Пятый класс представляют временные сооружения вместимостью не более 10 млн м³, авария которых вызывает затопление земель и загрязнение водоемов, не пригодных к использованию в данное время.

Параметры наиболее крупных хвостохранилищ 1-2 классов весьма внушительны: объем 250-570 млн м³, площадь до 3700 га, проектная высота ограждающих сооружений до 320 м, количество воды в отстойном пруду 1-60% их вместимости (Чуянов; Гофман).

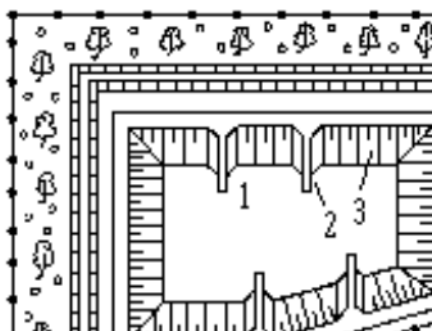
Шламоохранилища создают в системах водоснабжения и канализации химических, нефтехимических, углеобогатительных, машиностроительных и других предприятий. Они представляют собой крупные земляные наземные сооружения объемом до нескольких десятков миллионов кубометров и глубиной до 50 м, рассчитаны на сроки службы свыше 10 лет. Средняя площадь шламонакопителей составляет 10-20 га, количество сбрасываемых в них осадков равно 30-40 тыс. т/год.

Шламоохранилища строят по одно- или многокаскадному принципу. Строительство включает создание плотины, берегов и чаши хранилища. Их снабжают противофильтрационными устройствами, выполненными из глинистых, битумных и полимерных материалов в один или несколько слоев. Дренажная система позволяет отводить стоки из хранилища для обезвреживания или повторного использования.

Шламоохранилища возводят на равнинных плоских участках местности и обваловывают со всех сторон или частично (на участках местного понижения рельефа). Дамбы обвалования и перегораживающие плотины возводят насыпным способом из суглинистых материалов. Иногда предусматривают и намывные плотины. По гребню плотины прокладывают дорогу и пульпопроводы. Гребень должен иметь защитное покрытие и систему кюветов для сбора и отвода поверхностных вод. Пульпу подают в шламоохранилища по схемам, аналогичным используемым для хвостохранилищ.

Наряду со специально возводимыми сооружениями шламохранилища размещают также на естественном рельефе местности: в пологих оврагах, балках и выработанных карьерах.

Отстойники широко используют в ряде областей народного хозяйства, но наиболее масштабно — в животноводстве (навозные отстойники для хранения и биостабилизации органического материала). За рубежом распространены механически аэрируемые навозные отстойники. Их обычная глубина 2,5-3,0 м, но и при ее значениях до 6,0 м они также работают удовлетворительно. Чтобы отстойники не пропускали загрязненные воды в грунтовые, стенки и дно их герметизируют бентонитовой глиной, цементом, синтетической пленкой и т.п. Без такой герметизации грунтовые воды значительно загрязняются,



**Рис. 7.11. Накопитель
твердых отходов:**

- 1 — чаша; 2 — эстакада;
3 — откосы накопителя; 4 —
лесопосадка; 5 — водоотводная
канава

прежде чем твердый навоз и биологические осадки образуют естественное противифiltrующее покрытие. Наиболее существенный недостаток отстойников навоза — их зловоние. Оно же требует их регулярной очистки. Ее частота снижается при использовании отстойников большой вместимости и только в такое время года, когда сточные воды и навоз нельзя распределять на поверхности земли, например в зимнее время. Механическая аэрация также уменьшает распространение резких запахов.

Накопители твердых отходов (рис. 7.11) предназначены

для складирования шлаков, обезвоженных шламов общезаводских очистных сооружений и хвостов обогащения, золы и т.д. Конструктивно они подобны хвосто- и шламохранилищам, занимая площади около 5 га и имея глубину около 10 м. Для предотвращения попадания в накопители ливневых и талых вод в местах их вероятного стока устраивают ограждение насыпи шириной 4 м по гребню. Во избежание загрязнения грунтовых вод избыточной влагой отходов создают два противифiltrационных экрана: один по ложу, другой (после заполнения накопителя) — на выровненной внешней поверхности. Нижний экран состоит из двух слоев полимерной пленки толщиной по 0,2 мм, верхний экран представляет собой полимерный слой толщиной 0,6 мм.

Последний получают разбрызгиванием разогретого до 80°C раствора синтетических жирных кислот по подготовленному слою грунта.

Поскольку твердые отходы, особенно высокодисперсные, загрязняют воздушный бассейн, их размещают на определенном расстоянии от промышленных сооружений и населенных пунктов, учитывая розу ветров. В частности, для накопителей сухих хвостов обогащения должны составлять, м: до населенного пункта — более 500; до линий электропередач — свыше 300; до административных зданий и вспомогательных сооружений — соответственно не менее 50 и 20.

Вокруг накопителя твердых отходов, с целью снижения пыления из верхнего пылеватого слоя, высаживают лесополосу из деревьев и кустарников. Дополнительно ставят также ограждение из колючей проволоки на железобетонных столбиках, которое защищает участок от проникновения домашних животных.

Складируемый материал сбрасывают в накопитель с эстакад и гребня ограждающей насыпи. После его заполнения и создания верхнего экрана сверху насыпают слой песчаного (0,6 м) и по нему — почвенно-растительного (0,5 м) грунта. После выполнения указанных работ площадка накопителя может быть возвращена в сельскохозяйственный оборот.

Поверхностные хранилища отходов, особенно жидкофазных, относятся к категории объектов, требующих постоянного наблюдения и контроля. Несоблюдение правил эксплуатации может привести к разрушению хранилища, дренированию стоков, а в случае прорыва плотины — к попаданию огромных количеств токсичных отходов в окружающую среду и гибели людей. Так, известна крупная катастрофа 1966 г. в Афербане, когда масса угольных отвалов сползла со склона горы и накрыла школу, похоронив 144 человека, в том числе 116 детей (Рис...).

Мировая и отечественная практика знает также значительное число аварий хвостохранилищ и им подобных сооружений. Основные их причины: пренебрежение безопасными размерами намытого пляжа и уреза воды пруда-отстойника, формирование дамб обвалования из мерзлого материала, минимальное превышение гребня дамбы над уровнем воды, недостаточная эффективность водосборных сооружений. Из-за неисправности последних происходит ~40% всех аварий, из-за разрушения дамб обвалования — 60%. Отметим наиболее крупные аварии, повлекшие большие человеческие жертвы.

В 1928 г. землетрясением была разрушена ограждающая дамба хвостохранилища медного рудника «Барахона» в Чили. В долину хлынуло около 4 млн т хвостов. Погиб 51 человек.

Землетрясение 1956 г. в центральной части Чили полностью разрушило два хвостохранилища медных рудников и обогатительных фаб-

рик. Более 2 млн т хвостов вырвалось в долину, захватив часть г. Эль Кобре. Погибло около 200 жителей.

В 1972 г. дождевыми и паводковыми водами разрушило хвостохранилище углепромысловых фабрик Буффало-Крик (США). Погибло 125 человек.

В 1972 г. на Сорском молибденовом комбинате (СССР) в водотводном канале образовалась ледяная перемычка, вследствие чего был переполнен отстойный пруд. Вместе с глыбами льда хлынувшие хвосты обогащения затопили и разрушили дачные постройки, расположенные у низового откоса плотины. Погибло 17 человек.

Человеческими жертвами сопровождались также аварии хвостохранилищ ЮАР: на предприятии «Циммер и Джек» в 1937 г., комбинате «Грубвелей» в 1956 г., возле г. Ростенбурга в 1974 г.

Анализ рассмотренных и других многочисленных аварий показал, что их предупреждение зависит как от соблюдения правил эксплуатации хвостовых хозяйств, так и от полноты изучения комплекса инженерно-геологических, технологических и природно-климатических условий, их учета при проектировании гидротехнических сооружений.

7.3.2. Подземное захоронение

Захоронение в подземных полостях получает все большее распространение, особенно применительно к промстокам. В этом методе привлекает снижение загрязненности поверхностных вод, отсутствие необходимости полного обезвреживания стоков, экономическая перспективность. Для подземного захоронения можно использовать уже оставленные выработки различных рудников и шахт. Их проходят, как правило, в плотных устойчивых породах (глины, гипсы, каменная соль, глинистые сланцы и др.). Полости для захоронения создают и специально, например камуфлетными взрывами в пластичных глинистых или горными проходками в устойчивых породах, выщелачиванием или размывом в отложениях каменной соли.

Выбор участка захоронения предусматривает учет геологических, гидродинамических и санитарных критериев. Так, подземные полости на протяжении всего срока захоронения отходов не должны разрушаться под действием внешнего (горного) и внутреннего давления. Эту устойчивость необходимо обеспечивать без возведения сплошной дорогостоящей крепи. Нужно исключить фильтрацию токсичных отходов за пределы полости. Ее стенки должны быть инертны к их воздействию. Без соблюдения перечисленных требований возможно проникновение токсичных веществ из подземных полостей в водоносные горизонты.

Жидкие отходы закачивают также в высокопроницаемые породы, в основном песчаники и известняки, расположенные ниже водоносных слоев и изолированные от них слабопроницаемыми породами. При этом пласт, в который закачиваются отходы, не должен выходить на поверхность. Глубина большинства скважин для захоронения колеблется от 300 до 600 м, но в отдельных случаях достигает 2,5 км.

Сточные воды, размещаемые в подземных горизонтах, необходимо подготовить таким образом, чтобы аппаратура их прокачки не подвергалась быстрой коррозии. В них не допустимо большое количество взвеси, волокон, коллоидных частиц, органических осадков, а также масел, жиров, парафинов, осмоляющих веществ, составов, провоцирующих деятельность бактерий. Их наличие может привести к очень быстрой закупорке призабойной зоны скважины и выходу ее из строя.

Подземное захоронение стоков достаточно экономично. Капитальные вложения в строительство скважин для закачки в пласты в 2,0-2,5 раза ниже, чем в строительство стандартных очистных сооружений; эксплуатационные расходы меньше в 3,6 раза. Затраты остаются более низкими, если даже осуществляется подготовка стоков перед подземным захоронением.

Закачка стоков получила распространение в ряде стран. Начало использования метода относится к 20-м годам прошлого столетия (Доу кемикл компани).

В США оно разрешено законодательством большинства штатов. Более половины зарегистрированных скважин приходится на химические, фармацевтические и нефтехимические предприятия.

В Канаде в качестве пластов-коллекторов большей частью выбирают горизонты, залегающие на глубине свыше 1000-1500 м, что, вероятно, обусловлено соображениями экономического характера. Захоронение отходов производится через 1-2 хорошо оборудованные скважины большого диаметра.

Жидкие отходы калийной промышленности в восточной части Германии (земли Тюрингия и Гессен) сбрасываются под землю с 1925 г. До 1960 г. туда поступило 170 млн м³ стоков (в среднем 20-30 тыс. м³/сут). Отходы представлены концентрированными (300-400 г/л) растворами хлористых натрия и магния, сульфата магния, закачиваемыми в трещиноватые известняки и плитчатые доломиты, залегающие на глубине 50-500 м. Мощность поглощающих пластов составляет 10-15 м, их трещиноватость — 10%.

Известно относительно близко расположенное к поверхности (на глубине 50 м) хранилище-пещера объемом 25 тыс. м³ на остров Джерси (пролив Ла-Манш, Великобритания). Из хранилища сточные

воды перекачивают на очистные сооружения или сбрасывают в море через глубинный рассеивающий выпуск.

В России подземное захоронение промышленных стоков преимущественно связано с удалением сточных вод газо- и нефтепромыслов. Так, в Башкирии их сброс в поглощающие горизонты производится с 1955 г. в объеме нескольких тысяч кубометров в сутки. Эти воды отличаются высокой минерализацией (до 400 г/л суммы натрия, кальция, магния, хлора и др.), во многих случаях имеют значительное содержание сероводорода.

Хотя закачка сточных вод — один из наиболее дешевых методов, его используют в достаточно ограниченных масштабах. Во-первых, не все жидкие отходы в силу их специфических физико-химических свойств можно сбрасывать в глубинные горизонты. Во-вторых, подземное захоронение относится к одному из видов пользования недрами и в этом качестве по действующему законодательству допускается только в исключительных случаях.

Наряду с жидкими стоками подземное размещение иногда применяют к твердым отходам. В частности, реализовано размещение отходов в отработанных железорудных шахтах (Isleif). Известно предложение о захоронении и утилизации муниципальных ТБО в выработанных пространствах угольных шахт. При этом размещенные отходы продувают потоком вентиляционного воздуха. Смесь последнего с газообразными продуктами биологического разложения отходов направляют в топку парового котла шахтной котельной, работающей на угле. Газообразные продукты биоразложения полностью сгорают, золу и шлак складывают в выработках шахты (Федоров...).

К недостаткам метода подземного захоронения относятся:

- невозможность надежного контроля за распространением в пласте загрязняющих веществ;

- необратимое загрязнение многих подземных формаций;

- отсутствие информации о поведении отходов при их контакте с растворами и породами формации в условиях повышенных температур и давлений;

- вероятность образования более токсичных соединений при химическом взаимодействии между безвредными исходными компонентами;

- возможность попадания отходов в естественные подземные потоки, служащие источником водоснабжения населения и промышленных предприятий. Это имело место в различных районах США, Франции, Германии и других стран. Данная опасность возрастает с увеличением продолжительности хранения.

7.4. Экологические проблемы размещения отходов

Отходы — вещества разнообразного химического состава, зачастую включающие опасные химические соединения. Во многих случаях они находятся в химически активном фазовом состоянии (жидкости, твердые дисперсии, газы). Некоторые из них обладают специфическими свойствами (взрыво- и пожароопасностью, токсичностью, канцерогенностью, мутагенностью и др.). По указанным причинам отходы могут представлять угрозу здоровью и жизни людей, окружающей среде практически на каждой из стадий обращения с ними: при образовании, сборе, транспортировании, размещении, переработке.

В момент образования опасны, например, разбившиеся стеклянные изделия или появляющаяся при резании металлов стружка. В настоящее время твердо установлена канцерогенность асбеста, поэтому все асбестовые отходы необходимо помещать в герметичные пыленепроницаемые мешки. Заметно вредны, начиная с момента возникновения, все отходы I-II классов опасности.

Особое место занимают медицинские отходы. В них в очень больших количествах присутствуют болезнетворные бактерии. Наибольшая масса колиформ встречается в отходах отделений интенсивной терапии, педиатрических и психиатрических. Все медицинские отходы необходимо хранить в закрытых пластмассовых коробках и мешках, удалять отдельно от других загрязнителей. Существенная опасность распространения заражения возникает при совместной стирке больничного и обычного белья.

В контейнерах большую угрозу представляют различные жидкие вещества, например кислоты и щелочи. Известны случаи отравления и смерти детей, игравших с емкостями для хранения пестицидов.

Существует ряд опасностей, связанных с неправильным обращением с отходами при транспортировании и в местах их размещения. В этом случае возможны, в частности, пожары и взрывы.

Взрывы инициируются не только при неосторожном обращении с соответствующими веществами. При определенных обстоятельствах они реализуются, например, в больших количествах безвредных материалов. Так, известно о взрывах пластмасс при загрузке их в печи сжигания. Вероятно, в этом случае газы, выделяющиеся при пиролизе пластмасс, смешиваясь с другими продуктами горения и дутьем, могут создавать взрывоопасные концентрации. Не исключена также возможность взрывов газа, образующегося при анаэробном разложении органических отходов и в других случаях.

В больших скоплениях органических материалов реально самопроизвольное возгорание. Часто это происходит при их окислении с участием анаэробных бактерий, когда количество выделившегося вследствие биохимических превращений тепла превышает отводимую тепловую энергию. Это происходит, если масса еще не реагировавших веществ как бы «теплоизолирует» очаг саморазогрева. Особенно склонны к самовозгоранию сельскохозяйственные отходы (сена, соломы), пылеватый уголь и другое тонкоизмельченное топливо (опилки, щепки). Наиболее продолжительны и опасны подповерхностные пожары свалок. Начавшись, они иногда продолжаются 20 лет и более. Потушить их исключительно трудно или практически невозможно. Со временем вероятно обрушение выгоревшего пространства с проседанием поверхности, что весьма опасно для людей и сооружений, возведенных на бывшей свалке после ее рекультивации.

Для предотвращения самопроизвольного возгорания отходов нет общих рекомендаций. Тем не менее следует избегать очень сухих или очень влажных условий хранения мусора, особенно при высоте его слоя, превышающей 2-3 м.

Некоторые данные свидетельствуют о заметном вкладе пожаров твердых отходов в ухудшение экологической обстановки. Так, по Москве выезды на пожары, связанные с загоранием отходов, составляют до 40%. При этом горение мусора сопровождается гибелью людей. Только в период с января 1992 по май 1994 г. число человеческих жертв достигло 40. И хотя оценки показывают, что доля вредных веществ, образуемых горящим мусором, составляет ~2% от суммы всех загрязнителей в атмосфере Москвы, а в пожарах уничтожается менее 1% ТБО, экологический ущерб значительно превышает эти цифры. Горение отходов в условиях пожара существенно опаснее для людей и окружающей среды, чем на мусоросжигающих установках: относительно невысокий температурный режим пожара оптимален для образования токсикантов типа диоксинов и фуранов, полициклических углеводородов в целом. Число токсичных доз отдельных веществ в продуктах горения составляет миллионы и миллиарды единиц в расчете на душу населения: аэрозоли, органические кислоты, альдегиды, ртуть, диоксины и фураны — $(2-16) \cdot 10^{11}$; свинец — $3 \cdot 10^{10}$; аммиак, фтористый водород, оксид углерода, диоксид серы — $(4-11) \cdot 10^9$; хлористый водород — $2 \cdot 10^7$; кадмий — $3,4 \cdot 10^6$ (Исаева...).

Однако основные экологические проблемы связаны с непосредственной эксплуатацией мест размещения отходов. Они обусловлены загрязнением атмосферы газами МСУ и анаэробного разложения отходов, загрязнением территорий и подземных вод ареалов, прилегающих к полигонам.

Состав вредных компонентов, подлежащих улавливанию из дымовых газов МСУ, определяется многими факторами, например видом отходов и топлива, конструкцией и режимом работы камер сжигания, требованиями, предъявляемыми к выбросам. Этот состав весьма разнообразен и, помимо обычных продуктов сгорания топлива (оксиды углерода, серы, азота), включает галогены (хлористый и фтористый водород и др.), парообразные соединения некоторых цветных металлов, диоксины, фураны и т.д. (табл. 7.4).

Примерный состав дымовых газов МСУ после котла-утилизатора: HCl — 250, HF — 10, NO_x и SO₂ — по 200 мг/нм³; диоксины и фураны — не более 10 нг/нм³; летучая зола и пыль — 5-15 г/нм³. После очистки выбросы МСУ, в соответствии с природоохранными стандартами ЕЭС, должны содержать не более (в тех же единицах): пыль — 10; HCl — 10; HF — 1; NO_x — 5; SO₂ — 50; диоксины — 0,1 (величина ПДК).

Таблица 7.4

Усредненные концентрации веществ в отходящих газах МСУ, мг/м³

Вещество	Россия	За рубежом	Вещество	Россия	За рубежом
Зола ¹	7,7	4	Cr	0,086	2,5
SO ₂	400	400	V	0,0081	—
NO _x	260	350	Cu	0,235	8,3
HCl	190	1100	Zn	—	82,5
HF	2,8	10	O ₂ ²	—	2-16
Cd	0,0073	1,0	Азот ²	—	81
Hg	0,00078	0,42	Диоксины ³	—	14-123
Co	0,0018	—	Фураны ³	—	10-98
Ni	0,013	0,83	ПХБ ³	—	8-26
Pb	0,067	43	ПАУ	—	653-29486
Mn	0,374	—	Хлорфенол ³	—	479-6591
As	—	0,25	Хлорбензол ³	—	4891-8906

Примечания: ¹ г/нм³; ² об. %; ³ нг/м³. Данные по содержанию Me в отходящих газах отечественных МСУ относятся к московскому заводу № 3 (Бирюлево).

Образование галогенов, диоксинов, фуранов и легколетучих хлоридов некоторых металлов имеет общую причину — наличие в ТБО соединений хлора, например в пластмассах (особенно в ПВХ), бумаге, картоне. Именно этим объясняется относительно высокое содержание перечис-

ленных веществ в газах зарубежных МСУ, перерабатывающих ТБО с большой долей галогенов. Заметное присутствие в отходящих газах цинка и свинца дополнительно объясняется повышенным парциальным давлением паров этих металлов при температурах сжигания. Некоторые металлы, например железо, хром, никель, менее склонны к хлорированию и в основном концентрируются в шлаке. При охлаждении дымовых газов большинство соединений металлов переходит в твердую фазу и адсорбируется частицами летучей золы. Зола улавливает также значительную часть диоксинов и фуранов. Ее плотность составляет $2,2-3,0$ г/см³, а удельное электрическое сопротивление изменяется в весьма широких пределах — от 10^2 до $2 \cdot 10^8$ Ом·см. В то же время один из наиболее токсичных металлов (ртуть) и некоторые его соединения не конденсируются и остаются главным образом в газовой фазе.

При обычном режиме сжигания мусора порядка $850-1000^\circ\text{C}$ температура газов на входе в газоочистку составляет $220-240^\circ\text{C}$. Для улавливания загрязнений используют сухие, полусухие и мокрые методы.

Метод *сухой адсорбции* в последние годы нашел широкое применение. Он заключается в том, что в поток отходящих газов непосредственно в реакторе или газоходе вводится сорбент, обычно гидроксид кальция. Преимущество метода — отсутствие сточных вод, недостаток — повышенный расход адсорбента. Для интенсификации процесса адсорбции целесообразно снижать температуру газов до 140°C , что возможно при их кондиционировании водой (*полусухая адсорбция*). В данном методе снижается расход адсорбента, но не исключается образование сточных вод. При этом, однако, выпадающие (неиспарившиеся) капли воды, промывая газовый поток, захватывают наиболее крупные твердые частицы, в которых содержится основное количество соединений металлов, диоксинов и фуранов. Общая схема цепи аппаратов адсорбционной очистки включает сухие или полусухие скрубберы и финишную очистку в электро- или рукавных фильтрах. Она позволяет улавливать 99% большей части металлов (As, Sb, Cd, Pb, Ni, Zn) и 94-95% ртути.

Применение *мокрых методов* требует установки более коррозионно-стойкого оборудования, обуславливает образование значительных количеств сточных вод. Они целесообразны при небольших массах отходов и тогда, когда нужно обеспечить высокую степень очистки от ртути, диоксинов, фуранов, сернистого ангидрида и хлористого водорода.

Наиболее трудна очистка от ртути. В отходящих газах она содержится в виде элементарной, хлористой (Hg_2Cl_2), хлорной (HgCl_2), различных металлоорганических соединений типа метилртутьхлорида CH_3HgCl и диметилртути $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$. Соединения двухвалентной ртути, растворимые в воде и легко входящие в биосферные циклы, более опасны.

Эффективность очистки от ртути, диоксинов и фуранов существенно увеличивается при инжектировании в газоход после экономайзера мелкодисперсного активированного угля. Данное направление (*адсорбционно-каталитический метод*) опробовано на мусоросжигательных заводах Германии, Швеции, Японии и США. Выявлено, что при расходе угля 48 мг/м^3 газов улавливается до 98% ртути. Такова же степень улавливания диоксинов и фуранов при увлажнении дымовых газов, инжектировании извести в реактор с псевдоожиженным слоем и финишной очистке в рукавных фильтрах. Для хлористого водорода и сернистого ангидрида степень улавливания превышает соответственно 95 и 90%.

В последнее время предложен новый вариант адсорбционно-каталитического метода очистки газов МСУ от диоксинов. Он предусматривает использование высокодисперсных (удельная поверхность свыше $30 \text{ м}^2/\text{г}$) катализаторов на основе оксидов переходных металлов (вольфрама, молибдена, ванадия и особенно титана), актинидов, лантанидов, а также алюминия и кремния (цеолитов). Катализатор может инжектироваться в поток газов в виде суспензии с добавками угля, извести или известняка или использоваться в печах «кипящего» слоя в форме гранул разнообразной конфигурации. В обоих случаях температура газов не должна превышать 250°C .

Система мокрой очистки только от хлористого водорода и сернистого ангидрида может быть организована как практически бессточная. Для этого она должна включать два последовательно установленных скруббера Вентури. В первом из них водой улавливается хлористый водород, во втором — сернистый ангидрид с помощью раствора щелочи натрия. Воды первого скруббера нейтрализуют известью, затем стоки обоих скрубберов отправляют в распылительную сушилку. После испарения и последующей конденсации вода используется повторно. Подобные установки эксплуатируются в Западной Европе и Японии.

Финишная очистка газов МСУ до недавнего времени почти повсеместно осуществлялась в электрофильтрах. Однако исследования показывают, что по не установленным до конца причинам в электрофильтрах происходит увеличение концентраций диоксинов и фуранов, по некоторым данным — втрое. Это определяет наметившуюся тенденцию замены электрофильтров рукавными, обеспечивающими к тому же большую степень улавливания летучей золы. Чаще всего с целью защиты рукавные фильтры используют совместно с искрогасителями, устройствами предварительного увлажнения или охлаждения дымовых газов. Материалом для фильтрования служат ткани, 100%-й тефлон, стекловолокно и др.

Эффективность очистки дымовых газов рукавными фильтрами хорошо иллюстрируется данными по установке сжигания медицинских

отходов в Нидерландах, использующей в качестве фильтровальной ткани полиакрилонитриловый синтетический войлок. Снижение содержания в дымовых газах составляет: пыли — с 500 до 1 мг/м³ и менее; диоксинов и фуранов — с 2,2 до 0,05 нг/м³; ртути — с 240 до 20 мкг/м³ (Optimierte...).

В России первая промышленная установка, оснащенная рукавами из стеклоткани, с 1997 г. функционирует в Москве.

Снижению содержания диоксинов и фуранов при использовании рукавных и электрофильтров способствует предварительное улавливание грубой пыли в циклонах (Das...).

Весьма серьезные экологические проблемы создают биогазы (разд. 7.2.2). В меньшей степени они опасны, если полигоны ТБО или промышленных органических отходов оборудованы системами сбора и использования этих выделений, что бывает не всегда. На необорудованных полигонах газы находят самый легкий путь к поверхности не только в вертикальном, но и в горизонтальных направлениях, перемещаясь на довольно значительные расстояния. В некоторых случаях они проникают в подвалы домов и строений, вызывая летальные исходы и травмы (удушение, отравление или поражение взрывами воздушно-метановых смесей).

На одном из французских полигонов, где с 1979 по 1988 г. было размещено 400 тыс. т промышленных отходов, включавших илы, шламы сточных вод, материалы типа красок, клеев, лаков, спустя два года после прекращения захоронений масс-спектроскопический анализ выявил 300 видов ЛОС. Их суммарная концентрация в теле полигона составляла 2,9-25 г/м³, в его воздухе — 1,3-42 мг/м³, в ближайших жилых домах, расположенных в 100 м от захоронений, — 193-433 мкг/м³, в центре небольшого 6-тысячного города — 52-192 мкг/м³. Даже в последнем случае измеренные концентрации превышали ПДК (Case...).

Вредное воздействие газы полигонов оказывают на флору прилегающих территорий. Так, при исследовании экологической ситуации на одном из российских полигонов ПО выявлены выделения аммиака. Совместно с другими вредными факторами он губительно действовал на окружающую древесную растительность. В ближайшей к полигону зоне шириной 40-150 м полностью погиб подрост древесной растительности, количество угнетенных деревьев составляло 30-90%. Во второй, более удаленной, зоне шириной 20-450 м при частичной гибели елового подроста количество угнетенных деревьев достигало 30% (Иванов).

В соответствии с санитарными правилами ряда государств поверхностные захоронения органических отходов должны снабжаться кана-

лами, по которым выделяющиеся газы необходимо отводить в безопасное место. Для зданий, сооружений вблизи действующих или закрытых полигонов строительные нормы, как правило, предусматривают строгие стандарты, направленные на сооружение непроницаемых подвалов, герметизацию и вентилирование подземных служб.

Главная проблема, связанная с размещением отходов, заключается в вымывании из них вредных веществ с последующим загрязнением почв, грунтовых вод и образованием стоков. Основным вымывающим (выщелачивающим) агентом является дождевая вода, фильтрующаяся через слой отходов.

Детальные эколого-гигиенические исследования по загрязнению почв и вод были выполнены на вышеотмеченном российском полигоне ПО (введен в эксплуатацию в 1980 г.). Его общая площадь составляет 6,6 га, он расположен в отработанных песчаных карьерах глубиной от 5 до 10 м и полностью загружен шлаками переработки вторичного сырья цветной металлургии, имеющими следующий состав, %: черные металлы — 4-6; хлориды натрия и калия, оксид алюминия — по 20-30; металлический алюминий — 5-10; оксид кремния — 10-25; оксиды железа — 1-5; оксиды меди — 0,3-2,5; оксид кальция — 0,5-1,5; висмут, свинец, олово — сотые и тысячные доли.

Установлено, что в почве вокруг полигона в повышенных количествах присутствуют медь, олово, свинец, галлий, бериллий и т.д. Ширина зоны наибольшего загрязнения составила 50-500 м. На дальнем краю этой зоны сухой остаток подземных вод оказался равен 3 ПДК, алюминия — 5 ПДК, на удалении 1 км — соответственно 2 и 3 ПДК. Даже на расстоянии 5 км содержание алюминия превышало ПДК в 1,3 раза, сухой остаток достигал 700 мг/л, что значительно выше фона.

Под влиянием полигона в полосе шириной 50 м от его карты изменилась реакция почвы — от первоначальной кислой (рН 4,5-5,0) до нейтральной (рН 6-7) и даже щелочной (рН 7,7-8,0). В дикорастущих растениях обнаружили ряд металлов в концентрациях, в 1,5-2,0 раза превышающих фоновые (цинк, медь, свинец и др.), или в фоне отсутствовавших (галлий, иттрий).

На этом же полигоне выявлены тепловые аномалии в его толще, на поверхности и в контактирующих компонентах геосферы, обусловленные биохимическим разложением и химическим окислением отходов. Температура в их объеме, независимо от ее значений в окружающей среде, составляла в различных точках 37-45°C, доходя в некоторых участках до 80°C.

В целом обследование показали, что полигон является мощным источником загрязнения окружающей среды металлами, биогазом и аммиаком в радиусе 600 м. Принципиально не отличимые от изложенно-

го выводы получены при исследовании других полигонов, в частности для захоронения отходов кремнийорганических производств и ТБО. Загрязнение атмосферы и сточных вод в районах полигонов наблюдается спустя 20-50 лет после их закрытия. При этом БПК щелоков, выделяемых из поверхностных хранилищ, могут превышать 2000 мг/л, что примерно на два порядка больше, чем в других видах необработанных сточных вод.

Отходящие воды полигонов нуждаются в очистке, и в развитых странах этому уделяется большое внимание. Показателен пример Германии, на территории которой расположено 75 полигонов с объемом годовых стоков 30 млн м³. Из общего количества последних на городские очистные сооружения поступает 50%, очищается на локальных установках — 12, возвращается на полигоны для увлажнения мусора — 6, сбрасывается в водоемы без очистки — 10, неконтролируемо теряется 22%. Наиболее распространены физико-химические методы очистки: на 41 полигоне, в том числе на девяти — сорбционные способы, на шести — обратный осмос. Биохимическая очистка используется на 21 полигоне, окислительные химические методы — на одиннадцати.

В последнее время для обработки промывных вод старых свалок успешно применяется один из новых физико-химических методов — облучение пучком ускоренных электронов. При жестком облучении начальная концентрация органических загрязнителей снижается в ~1000 раз. Созданы как автономные стационарные, так и передвижные установки с единичной мощностью 20-100 кВт при удельных затратах на очистку стоков 0,4-0,7 немецких марок за 1 м³.

Внедряются также методы каталитического окисления вредных веществ дренажных сточных вод свалок, основанные на использовании пероксида водорода (катализатор — хлорное железо) при температуре до 250°C или при обычных температурах, но с ультрафиолетовым облучением. Эффективность деструкции соединений азота составляет при этом 95-99%, БПК₅ снижается с 500 до 30 мг/л, ХПК — с 2000 до 90 мг/л при расходе энергии около 3 кВт/м³ стоков (Krampitz...; Mizier; Vanlaer...).