

Рецензент - зав. отделом санитарной очистки городов АКХ им. К.Д. Памфилова канд. техн. наук Н.Ф. Абрамов

Редактор - Н.Л. Хафизулина

Авторы текста: П.П.Пальгунов, М.В.Сумароков,
М.Г. Беренгартен И.А. Васильева В.В. Девяткин Н.Е. Николайкина

Разработчик электронной версии Федосеев О.

047(01) -90 ISBN 5-274-00440.7

Пальгунов П.П., Сумароков М.В.

П 14 Утилизация промышленных отходов. - М • Стройиздат, 1990. -352с.: ил. - (Охрана окружающей природной среды).

ISBN 5-274-004407

Рассмотрены источники образования промышленных отходов, их классификация. Описаны современные методы и оборудование, применяемое в СССР и за рубежом при обработке промышленных отходов, безотходные и малоотходные технологии обработки твердых, пастообразных и жидких отходов. Особое внимание уделено централизованному сбору и переработке промышленных отходов на региональных полигонах и предприятиях, возможности обезвреживания промышленных отходов совместно с бытовым мусором.

Для инженерно-технических работников, занятых проектированием и эксплуатацией систем обработки промышленных отходов.

3401030000- 221

Введение

На ранних этапах развития человеческого общества антропогенное воздействие на природу было незначительным. Загрязнение окружающей среды вызывалось в основном природными процессами — извержением вулканов, лесными пожарами, выветриванием, эрозией почвы и т.д. Эти загрязнения имели подчас большие размеры. Более поздние природные катаклизмы вошли в историю. Например, "сухой туман", стоявший в 1783 г. в течение трех месяцев над всей Европой, явился результатом деятельности вулканов Исландии. Извержения в 1903 г. вулкана Катмай (Аляска), а в 1883 г. — Кракатау сопровождалось выбросом в атмосферу огромных масс пепла. Подобные явления бывали и ранее, однако они носили обратимый характер и проходили без каких-либо серьезных последствий для человечества.

В процессе эволюции основными загрязнителями окружающей среды стали отходы бытовой деятельности общества. Постепенно с развитием некоторых отраслей индустрии, связанных с производством металлов, а также гончарных изделий, стекла, вина, поташа, мыла и др. в атмосферу локально выделялись оксиды углерода, серы и азота, пары металлов. Кроме того, бытовые загрязнения, отходы пищевых и красильных производств попадали в водоемы. С изобретением пороха потребовалось большое количество азотной и серной кислот, селитры, что привело к усиленному развитию химии. Развитие капитализма способствовало дальнейшему прогрессу металлургической, металлообрабатывающей промышленности и химической технологии при одновременной концентрации производства.

Промышленные монополии развитых стран в погоне за прибылью стали интенсифицировать и модернизировать свои производства, не заботясь о вредном воздействии на природу токсичных ПО и газовых выбросов. Появились горы шлаковых отходов, терриконы, огромные шламонакопители содового производства, нефтеперерабатывающих заводов, накопители кислого гудрона и т.д. Катастрофические размеры в свое время приняло загрязнение Рейна, Великих Американских озер и других водоемов, в которых исчезла практически вся рыба. И лишь проведение чрезвычайных мер позволило резко изменить к лучшему экологическую ситуацию. Выбросы соединений серы в атмосферу в виде кислотных дождей уничтожают окружающую среду даже в радиусе нескольких тысяч километров от загрязняющего предприятия. В настоящее время леса в центральной Европе и Канаде находятся под угрозой полного уничтожения, а окисление природных водных источников можно обнаружить, в частности, по всей Скандинавии. Гибнут лиственные и кедровые леса в промышленных районах Сибири.

В международном праве возникло понятие "экспорт загрязнения", которое означает, что развитые страны ликвидируют у себя наиболее опасные с точки зрения загрязнения окружающей среды производства и переводят их в развивающиеся страны с избытком рабочей силы. В итоге в глобальном

масштабе мир оказывается под воздействием разнообразных химических веществ, количество которых неуклонно увеличивается [38].

В настоящее время по статистическим данным в различных странах образуются токсичные ПО в следующих количествах:

	млн. т/г	кг. год/чел.
ФРГ	5-10	80-160
Финляндия	0,4	80-100
Франция	2-17	40-140
Нидерланды	1 2	70-100
Великобритания	4-7	70-120
США	57	250-300

В современных условиях общественное воспроизводство требует вовлечения в хозяйственный оборот больших объемов сырья и энергии. В СССР, например, по ориентировочным расчетам на каждый рубль произведенного национального дохода расходуется примерно 1 т природного вещества (воды, минерального сырья, топлива, биомассы, атмосферного кислорода). При этом масса готовой продукции составляет 1-1,5 % массы вещества, поступающего на переработку. Поэтому было бы ошибочным считать, что издержки технического прогресса, присущие капиталистическим странам, не коснулись социалистических стран, в частности СССР. Господствующая много лет вера в неисчерпаемость природных ресурсов страны, ошибки в планировании, безответственность и бесконтрольность нанесли и продолжают наносить невосполнимый ущерб окружающей среде. В связи с этим в дальнейшем необходимо внедрение технологических процессов, дающих минимальные выбросы, при которых самоочищающаяся способность природы в достаточной степени будет препятствовать возникновению необратимых экологических изменений. Специалистами Советского Союза было предложено определение безотходной технологии, которое принято как основное для дальнейшего использования: "Безотходная технология -- это практическое применение знаний, методов и средств для обеспечения в рамках человеческих потребностей рационального использования природных ресурсов, энергии и защиты окружающей среды". Под безотходной технологией понимается идеальная модель производства, которая в большинстве случаев не может быть реализована в полной мере, но с развитием технического прогресса все больше приближается к идеальной. Более конкретно под безотходной технологической системой (БТС) следует понимать такое производство, в результате деятельности которого не происходит выбросов в окружающую среду. Безотходное производство представляет совокупность организационно-технических мероприятий, технологических процессов, оборудования, материалов, обеспечивающих

максимальное и комплексное использование сырья и позволяющих свести к минимуму отрицательное воздействие отходов на окружающую среду [II].

Безотходное производство можно характеризовать всемерно возможной утилизацией образовавшихся в прямых технологических процессах отходов. Малоотходная технология представляет собой промежуточную ступень безотходной и отличается от нее тем, что обеспечивает получение готового продукта с не полностью утилизируемыми отходами. Отходы представляют собой побочные продукты промышленного производства, выделяющиеся в процессе производства основных видов продукции и характеризующиеся определенными физико-химическими свойствами. Отходы производства и потребления, пригодные для переработки в товарную продукцию, относятся к вторичным материальным ресурсам (ВМР). Ниже приводится расшифровка основной терминологии, используемой при рассмотрении безотходных технологий и вопросов, связанных с обработкой отходов.

Загрязнение вызывается веществами или совокупностью веществ, поступающих в окружающую среду в процессе производства от промышленного оборудования, очистных сооружений, транспортных устройств, а также из мест накопления отходов.

Рециркуляция представляет собой многократное использование отходов, а также воды, воздуха без очистки или после очистки для производственных целей.

Переработка отходов — технологическая операция или совокупность технологических операций, в результате которых из отходов производится один или несколько видов товарной продукции.

Утилизация отходов более широкое понятие, чем переработка, так как включает все виды их использования, в том числе в качестве топлива для получения тепла и энергии, а также для полива земель в сельском хозяйстве, закладки выработанного горного пространства и т.д.

Обезвреживание отходов — технологическая операция или совокупность операций, в результате которых первичное токсичное вещество или группа веществ превращаются в нейтральные нетоксичные и неразлагающиеся соединения.

Централизованная переработка отходов представляет собой совокупность операций по сбору, транспортированию и переработке отходов на специализированном производственном участке.

Локальная переработка отходов представляет собой совокупность операций по переработке отходов, осуществляемых в зоне действия производственной установки, на которой образуются отходы.

Задачи по реализации безотходной технологии вытекают из следующих положений:

наибольшая часть загрязнений окружающей среды является следствием недостаточного развития промышленной технологии ;

неиспользованные отходы производства — это потери природных ресурсов;

получение и использование вторичного сырья (отходов) с увеличением потребности в естественных материалах может стать важным источником повышения производительности общественного труда;

предпосылкой для рационализации промышленной технологии является выработка технико-экономических решений по "замкнутым" технологиям (кругооборот материалов);

единый и экономичный путь решения основных проблем в области обмена веществ между человеком и природой должен осуществляться в масштабах государства.

Анализ отечественных и зарубежных материалов показывает, что безотходная технология может развиваться в четырех основных направлениях:

1. Создание различных видов бессточных технологических систем на базе существующих, внедряемых и перспективных способов очистки. При этом достигается резкое уменьшение потребления воды, но, как правило, образуется вторичное загрязнение в виде твердых осадков или насыщенных растворов.
2. Разработка и внедрение систем переработки отходов производства и потребления, которые следует рассматривать не как экологическую нагрузку, а как ВМР. Необходимо учитывать, что при эксплуатации современных систем водо- и газоочистки образуются твердые отходы, представляющие собой сложную концентрированную смесь загрязняющих веществ.
3. Организация принципиально новых процессов получения традиционных видов продукции, позволяющих исключить или сократить этапы переработки или технологические стадии, на которых образуется основное количество отходов.
4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с замкнутой структурой материальных потоков сырья и отходов внутри ТПК, имеющих минимум выбросов.

Технические мероприятия по охране окружающей среды, которые проводились ранее, обычно планировались с целью ослабить влияние на природу уже разработанного технологического процесса. Выделение токсичных компонентов из отходящих газов и сточных вод осуществлялось в основном для перевода этих компонентов в безвредную форму и редко сочеталось с их повторным использованием. Во многих случаях пытались уменьшить концентрацию токсичных отходов при выводе их в биосферу. Меры по сокращению отходов и отходящего тепла при производстве продукции, а также по вторичному использованию этих отходов реализовались преимущественно в целях экономии материалов и энергии и не рассматривались как меры по охране окружающей среды. Постоянное увеличение использования естественных ресурсов, усиленное загрязнение окружающей среды требуют реализации стратегии безотходной технологии. Основы этой технологии заключаются в том, что неиспользованные отходы производства одновременно являются не полностью использованными природными ресурсами и источником загрязнения окружающей среды.

Снижение количества используемых отходов по отношению к количеству изготавливаемой продукции позволит произвести больше изделий из того же количества сырья и явится вместе с тем действенной мерой охраны окружающей среды.

Биосфера дает природные ресурсы, из которых в сфере производства изготавливаются изделия, при этом образуются отходы. Во многих случаях после соответствующей обработки они могут быть использованы как вторичное сырье или как вторичные носители энергии. Если по техническим или технологическим причинам это невозможно или экономически невыгодно, то их необходимо выводить в биосферу таким образом, чтобы по возможности не наносить вреда естественной окружающей среде. М. Шубертом и П. Летчем (ГДР) предложено общее уравнение баланса по сферам производства и потребления

$$R=A(1-S_m)+S, .$$

где R - расход природных ресурсов, кг/с; A - образующееся в сферах производства и потребления количество отходов, кг/с; S_m — средний коэффициент использования отходов, кг/кг; S -- количество веществ, накапливающихся в сферах производства, кг/с.

Снижение удельного неиспользуемого количества отходов производства $A(1-S_m)$ и тем самым удельного расхода природных ресурсов возможно за счет уменьшения образующегося удельного количества A отходов производства или за счет повышения коэффициента использования отходов S_m .

Выбор одного из путей зависит как от технологических возможностей, так и от экономических условий. Первичная цель безотходной технологии -- настолько уменьшить выводимый в единицу времени в биосферу поток массы неиспользуемых отходов, чтобы сохранилось естественное равновесие биосферы и обеспечивалось наличие основных природных ресурсов. Ниже представлены некоторые требования к отдельным параметрам технологического процесса с точки зрения безотходной технологии.

Согласно этой схеме, конечное достижение безотходности обусловливается наличием n — количества ступеней переработки отходов всех видов. Система становится безотходной, когда на га-стадии выделяется такое количество отходов, которое не оказывает заметного отрицательного воздействия на окружающую среду. Если отходы на некоторых ступенях направляются снова на переработку, в начальной стадии получается БТС закрытого или частично закрытого типа.

Основные рекомендации по элементам БТС можно представить в следующем виде; сырье, полуфабрикаты, энергия, средства охлаждения: максимально использовать отходы и отходящее тепло; минимально использовать сырье, полуфабрикаты и рабочую энергию при добыче и изготовлении которых образуются относительно большие количества ПО и отходящего тепла или

которые имеются лишь в ограниченном объеме (например, электроэнергия или охлаждающая вода); насколько возможно, избегать использования сырья, содержащего высокую долю бесполезных примесей;

техническое оборудование: использовать технические устройства с продолжительным сроком службы и малой массой, изготовленные в соответствии с требованиями безотходной технологии; использовать технические устройства оптимального принципа действия, например, с высокой степенью отделения или с высоким коэффициентом тепло- и массопередачи, при минимальной потере давления и малых потерях тепла;

основные процессы: использовать неэнергоемкие процессы с высокой избирательностью; применять высокоэффективные каталитические процессы;

технологическая схема: применять принцип противотока или циркуляции; избегать принципа прямотока и смешения;

параметры, процесса: выбор оптимальных температур реакции; выбор малых движущих сил; исключение предельных технологических параметров, например, относительно температуры и давления;

изделия: закладывать в конструкцию (состав) изделия малую удельную массу, предусматривать продолжительный срок его службы, а также минимальное образование отходов и отходящего тепла при его использовании; обеспечивать пригодность износившегося (израсходованного) продукта в качестве вторичного сырья (вторичного носителя энергии);

отходы, отходящее тепло: получать отходы в утилизируемой форме.

Поскольку эти требования частично противоречат друг другу, а частично не реализуемы из-за отсутствия возможностей, то для каждого технологического процесса необходимо искать оптимум с учетом производительности труда и экономии.

Одним из перспективных, выгодных и развивающихся направлений использования ПО, входящих в систему безотходных технологий, является обмен ими как между предприятиями внутри стран, так и между государствами с целью использования их в подходящих технологических процессах. Так, широко развит экспорт и импорт полимерных отходов в странах ЕЭС, а также Австрии, Швейцарии и Скандинавских странах. Особым спросом пользуются отходы полимеров: полиэтилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида и ацетата целлюлозы. Ведущее положение в европейском обмене этими отходами занимают Италия (ежегодный импорт составляет свыше 90 тыс. т полимерных отходов), ФРГ (экспорт 65 тыс. т) и Франция (экспорт 50 тыс. т).

В настоящее время в странах Западной Европы и США существует два типа посреднических бирж: биржи, поставляющие информацию о количестве отходов, их качественном составе и способах переработки, и биржи, которые непосредственно осуществляют обмен отходами путем нахождения соответствующего потребителя.

Успешное функционирование таких систем, по-своему замыкающих цикл безотходных технологий, возможно на основе АСУ, осуществляющих свои операции в межгосударственных масштабах или в пределах промышленного района. Так, в середине 70-х годов в ФРГ и Франции путем посредничества бирж между предприятиями реализуются отходы древесины, бумаги, картона, металлов и других ПО. Несмотря на сравнительно небольшие пока контакты между поставщиком и потребителем (20-35 %), такие биржи являются экономически выгодными для государства. Об этом же говорит опыт США, где действует широкая сеть посреднических бирж, способствующих внедрению прогрессивных технологических процессов обезвреживания и переработки промышленных отходов и обмену отходами между предприятиями.

Для рационального управления комплексной системой сбора, транспортирования, обезвреживания и утилизации отходов и загрязнений в масштабах промышленного региона, отдельной страны или группы стран необходимо иметь оперативную информацию о местонахождении отходов, их количестве, составе и свойствах, возможностях утилизации или обезвреживания. Информационно-поисковые системы позволяют определить и наладить связи "отходы-сырье", "поставщик-потребитель". Координационные центры по взаимному обмену промышленными отходами с целью их дальнейшей утилизации, например, успешно функционируют в Японии [10].

Резервы безотходных технологий огромны. Подсчитано, что в расчете на душу населения у нас в стране за год перерабатывается до 20 т различного природного сырья, при этом в готовую продукцию переходит всего лишь 5--10 %, все остальное — отходы, неиспользованная часть сырья. В процессе эксплуатации промышленной продукции, по мере износа или морального старения, она также переходит в категорию отходов потребления. Таким образом, практически весь объем взятых у природы материалов возвращается ей, но уже с новыми свойствами, которые приводят к нарушению экологического равновесия.

Анализ результатов научно-исследовательских работ, проведенный рядом институтов страны, показывает, что практически все виды отходов производства и потребления могут быть использованы в народном хозяйстве в качестве вторичного сырья для получения многих видов товаров технического назначения и народного потребления. Реальность и техническая целесообразность использования отходов доказана, например, практикой работы многих отечественных предприятий различных отраслей промышленности.

В настоящее время все большее значение для использования отходов и отходящего тепла приобретают территориальные связи и сочетания различных технологических процессов с районами коммунального потребления. Так, во многих случаях представляется возможным использовать воду сначала для коммунально-бытовых целей, а затем после очистки, требующей относительно небольших затрат, употреблять на

производственные цели. Примером этого может служить Москва, где часть сточных вод (около 20 тыс. м³/сут) после их очистки на Ново-Курьяновской станции аэрации направляется на промышленное водоснабжение автозавода им. Ленинского комсомола и других предприятий. В результате осуществления комплекса водоохраных мероприятий за последние годы удалось также сократить сброс загрязненных промышленных сточных вод в водоемы города на 8,3 млн. м³. Объем повторно-последовательно используемой воды увеличился на 93,6 % и составил 4,2 млрд. м³ за год. Очищаемость стоков достигла 99,7 %.

Бессточная система промышленного использования воды является особым видом БТС, при которой не менее 90 % ее находится в водооборотном цикле и не более 10 % приходится на подпитку свежей водой. При этом необходимо, чтобы количество продувочных вод, сбрасываемых из системы в водоем или на очистные сооружения, не превышало 5 % находящихся в водообороте.

Бессточные системы, в свою очередь, подразделяются на системы с полной утилизацией компонентов или без утилизации, т.е. со складированием в специальных емкостях, накопителях или с закачкой в подземные горизонты. Примером бессточной системы промышленного использования воды могут служить разработанные МосводоканалНИИпроект и внедренные во многих автохозяйствах страны водоочистные установки "Кристалл", которые работают по замкнутому циклу и позволяют экономить сотни тысяч кубометров ценной питьевой воды [14].

В 1978 г. в Москве были разработаны основные направления научно-технического сотрудничества социалистических стран на период до 1990 г. по совместному созданию научно-технических и экономических основ разработки и внедрения малоотходных и безотходных технологий.

Экономическая оценка эффективности БТС заключается в определении экономического эффекта от утилизации и переработки отходов на всех стадиях, включая и другие отрасли, а также в расчете предотвращенного ущерба окружающей среде на основе сопоставления БТС и предприятий с традиционной технологией.

Эффективность БТС должна стремиться к максимуму, определяемому как

$$y \rightarrow \max [(\sum \mathcal{E} - y) / Z_n],$$

где $\mathcal{E}$ - сумма всех эффектов; y -- размер ущерба от загрязнения окружающей среды отходами; Z_n затраты на осуществление безотходного производства.

Исходя из сказанного выше можно заключить, что дальнейшее развитие экономики в природоохранном аспекте тесно связано с решением проблем более полного использования природных ресурсов и с созданием рециркуляционных материальных и энергетических потоков.

С технологической точки зрения для внедрения безотходных и малоотходных производств непременно потребуются создание новых материалов и веществ, например новых мембранных материалов, ионообменных смол, синтетических флокуляторов, химических реагентов, а

также аппаратов и приборов, которые позволят усовершенствовать или интенсифицировать различные процессы разделения сред, обезвреживание и утилизацию отходов. Для расширения масштабов внедрения безотходных технологических процессов необходимо дальнейшее совершенствование способов использования отходов, а также методов экономического стимулирования с целью повышения заинтересованности работников различных отраслей промышленности в подготовке отходов к последующей переработке и утилизации. Немаловажным стимулом является также плановое уменьшение предприятием потребления природного сырья и переход на использование вторичных материальных ресурсов.

Для организации малоотходных и безотходных промышленных производств исключительное значение имеет кооперирование предприятий различных отраслей промышленности. Наиболее благоприятные возможности для кооперирования производств складываются в условиях ТПК, где планомерно формируется совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных пропорционально развивающихся объектов различных отраслей народного хозяйства. Эти объекты созданы для совместного решения одной или нескольких определенных народнохозяйственных проблем, выделяются размерами производства и четкой специализацией в масштабах страны и своего экономического района. Они сконцентрированы на ограниченной, обязательно компактной территории, обладающей необходимым набором и количеством ресурсов, достаточных для решения соответствующих заданий. Кроме того, они эффективно (с позиций народного хозяйства) используют местные и полученные извне ресурсы, обеспечивают охрану окружающей среды, имеют единую производственную и социальную инфраструктуру.

При развитии промышленности в отдельных регионах страны некоторыми предприятиями не всегда соблюдаются должные меры по охране окружающей природной среды. В рамках ТПК складываются благоприятные условия для комплексного использования сырья и для организации производства таким образом, чтобы отходы одних предприятий полностью использовались другими предприятиями.

Экономические преимущества при правильном и оптимальном развитии промышленного производства допускают выгодное и целесообразное транспортирование отходов на относительно небольшие расстояния в пределах ТПК, что облегчает решение многих вопросов, связанных с территориальным размещением предприятий.

Комплексное развитие ТПК протекает путем постепенной организации связанных друг с другом производств, при которой продукция одного предприятия становится сырьем или полуфабрикатом для другого. При этом происходит совершенствование отдельных производств с целью сокращения потребления энергии, воды, а также повышения производительности труда и увеличения комплексности переработки первичного сырья.

Создание малоотходных и безотходных ТПК является важным направлением развития народного хозяйства, рационального использования природных ресурсов и сохранения экологического равновесия.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ (ПО) И ЗАГРЯЗНЕНИЙ 12

1.1. Загрязнение окружающей среды и ее влияние на биосферу.....	12
1.2. Основные понятия о загрязнении окружающей среды.....	12
1.3. Показатели качества окружающей среды.....	17
1.4. Классификация ПО.....	18
1.5. Нормирование сбора ПО.....	23
1.6. Учет и прогнозирование ПО и загрязнений.....	26

1.1. Загрязнение окружающей среды и ее влияние на биосферу

С точки зрения современной науки, геофизическая оболочка Земли представляет собой ноосферу -- сферу взаимодействия природы и общества, или систему — окружающая природная среда — человек — техника. Под "окружающей природной средой" или "окружающей средой" понимается совокупность естественных и измененных природных условий обитания человека и производственной деятельности общества.

В процессе бытовой и производственной деятельности человеческое общество неизбежно влияет на окружающую среду, которая немедленно или через определенный промежуток времени реагирует на это влияние и оказывает обратное положительное, а чаще отрицательное действие.

Деятельность человека все глубже проникает в биосферу — область активной жизни оболочки Земли, включающей нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, которые заселены живыми организмами. Толщина этой оболочки (40—50 км) ничтожно мала по сравнению с диаметром Земли, доступна для человеческой деятельности и чрезвычайно ранима. Воздействие человека на биосферу тесно связано со все возрастающими темпами научно-технического прогресса и необходимостью решения возникающих социально-экономических задач.

Использование природных ресурсов в общественном производстве сопровождается изменением их состояния и, следовательно, общественной полезности. Под состоянием природных ресурсов (или окружающей среды) понимаются потенциальные возможности человечества сохранить первоначальные качественные признаки этих ресурсов, а также их общие запасы. Качество же среды характеризуется степенью соответствия природных условий потребностям биогеоценозов участков земной поверхности с определенным составом живых и косных компонентов, динамически взаимодействующих между собой. Таким образом, ухудшить состояние ресурса — значит снизить качество ресурса или уменьшить его количество, либо сделать то и другое одновременно.

Геохимическое воздействие человека на природу определяется тремя обстоятельствами:

- 1) синтезом множества (более миллиона) веществ, отсутствующих в естественных условиях и обладающих качествами, не свойственными природным соединениям;
- 2) строительством широкой сети газо- и нефтепроводов, шоссейных и железных дорог, что наряду со специализацией производства привело к массовому транспортированию разнообразного сырья из районов добычи в районы переработки, а также к перераспределению и рассеиванию загрязнений. Рассеиванию загрязняющих веществ во многом способствовало и задымление атмосферы выбросами ТЭЦ, металлургических, химических, нефтеперегонных и других заводов, автомобильного и авиационного транспорта;
- 3) интенсификацией производства сельскохозяйственной продукции, потребовавшей массового применения удобрений, гербицидов и пестицидов, отрицательное побочное воздействие которых на окружающую среду выявилось лишь спустя длительное время.

1.2. Основные понятия о загрязнении окружающей среды

Загрязнением окружающей среды можно назвать изменение качества среды, способное вызвать отрицательные последствия. Считается, что одинаковые агенты оказывают одинаковые отрицательные воздействия независимо от их происхождения, поэтому пыль, источником которой является природное явление (например, пыльные бури), должна считаться таким же загрязняющим веществом, как и пыль, выбрасываемая промышленным предприятием, хотя последняя может быть более токсичной в силу своего сложного состава.

Вопрос о том, чем загрязняют окружающую среду, в настоящее время довольно ясен. Сейчас уже не вызывает сомнения включение в разряд загрязняющих агентов тепла, шума и т.д. В "Словаре терминов и

понятий, связанных с охраной живой природы", в частности, приводятся определения различных видов загрязнений окружающей среды. С использованием материалов данной работы загрязнения классифицированы следующим образом:

Загрязнение	Определение
1. Механическое	Засорение среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие без химико-физических последствий (например, мусором)
2. Химическое	Изменение химических свойств среды, оказывающих отрицательное воздействие на экосистемы и технологические устройства
3. Физическое	Изменение физических параметров среды: температурно-энергетических (тепловое или термальное), волновых (световое, шумовое, электромагнитное), радиационных (радиационное или радиоактивное) . ' и т.п.
3.1. Тепловое (термальное)	Повышение температуры среды, главным образом в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, отходящих газов и воды; может возникать и как вторичный результат изменения химического состава среды
3.2. Световое	Нарушение естественной освещенности местности в результате действия искусственных источников света; может приводить к аномалиям в жизни растений и животных
3.3. Шумовое	Увеличение интенсивности шума сверх природного уровня; у человека приводит к повышению утомляемости, снижению умственной активности и при достижении 90-100 дБ к постепенной потере слуха
3.4. Электромагнитное	Изменение электромагнитных свойств среды (от линий электропередачи, радио и телевидения, работы некоторых промышленных установок и др.) приводит к глобальным и местным географическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах
4. Радиационное	Превышение естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ
5. Биологическое	Проникание в экосистемы и технологические устройства видов животных и растений, чуждых данным сообществам и устройствам
5.1. Биотическое	Распространение определенных, как правило, нежелательных с точки зрения людей биогенных веществ (выделений, мертвых тел и др.) на территории, где они ранее не наблюдались
5.2. Микробиологическое	а) Появление необычайно большого количества микроорганизмов, связанное с их массовым размножением на антропогенных субстратах или в средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека б) Приобретение ранее безвредной формой микроорганизмов патогенных свойств или способности подавлять другие организмы в сообществах

Все перечисленные виды загрязнений взаимосвязаны, и каждый из них может явиться толчком для возникновения других видов загрязнения. В частности, химическое загрязнение атмосферы может способствовать повышению вирусной активности, а следовательно, биологическому загрязнению.

Более спорным представляется ответ на вопрос — в каких количественных пределах происходящие изменения свойств среды могут рассматриваться как ее загрязнение. Чаще всего загрязнением считают лишь поступление, привнесенное в среду, нахождение в ней различных агентов. Однако такой подход к определению загрязнения не совсем обычен. Уменьшение количества какого-либо компонента в окружающей среде, например кислорода в составе атмосферного воздуха, тоже негативно отражается на человеке и других биологических объектах и, следовательно, должно квалифицироваться как загрязнение.

Оптимальные для жизни и деятельности человека условия окружающей среды (и ее важнейшего компонента -- атмосферного воздуха) находятся в определенных, относительно узких пределах. Увеличение или уменьшение границ этих пределов означает качественное изменение условий жизни человека. И наконец, существуют верхняя и нижняя критические границы параметров окружающей среды, достижение которых угрожает наступлением необратимых сдвигов в биологической системе и в ее отдельных звеньях. Некоторые вещества (например, большинство тяжелых металлов) в значительных количествах являются сильными ядами, а в малых дозах они необходимы, так как уменьшение их содержания в организме человека ниже критической величины вызывает тяжелые функциональные расстройства. Здоровью вредны как излишняя шумовая нагрузка, так и отсутствие звуков;

то же можно сказать об электромагнитных полях, радиоактивном фоне, температурных нагрузках, оптических явлениях и прочих физических, а также биологических, информационных и других параметрах.

Поскольку темой данной книги является вопрос утилизации ПО, образующихся в процессе загрязнения окружающей среды, то те виды загрязнений, которые сегодня нельзя утилизировать (световые, шумовые, электромагнитные и др.), исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Современное индустриальное производство оказывает значительное воздействие на природу в глобальных масштабах. Хотя большая часть загрязняющих веществ и тепловой энергии выбрасывается на ограниченной площади, главным образом в промышленных районах Северной Америки, Европы и Азии, вследствие особенностей циркуляции атмосферы и перемещений в водной оболочке Земли, значительная часть некоторых, относительно долго сохраняющих свои свойства загрязняющих веществ рассеивается на огромных пространствах и даже по всей Земле, приводя к региональному и глобальному загрязнению. Следы промышленных загрязнений найдены в снегах Антарктиды, кроме того, над этим материком находится "озонная дыра" — следствие выброса в атмосферу фреонов и тому подобных продуктов.

Общепринятыми являются следующие данные антропогенного глобального загрязнения атмосферы (по состоянию на 1975—1985 гг.): поступление техногенной тепловой энергии в атмосферу 8 ТВ т/год (это дает среднюю для земной поверхности плотность тепловыделения, равную 0,016 % всей поглощаемой солнечной энергии); выброс углекислого газа — 20 млрд. т/год (приблизительно 0,7 % углекислого газа, содержащегося в атмосфере); выброс диоксида серы — 200 млн. т/год (более чем в два раза превышает естественное поступление в атмосферу серы в форме газообразных соединений); выброс фреонов — 1 млн. т/год, свинца — 0,4 млн. т/год (более чем в 100 раз превышает поступление свинца из естественных источников). За последние 100 лет выбросы углекислого газа в атмосферу возросли в 30 раз, диоксида и серы в 15 раз, свинца — в 20 раз.

Ежегодно предприятия выбрасывают в атмосферу 250 млн. т пыли, 220 млн. т золы. Только за один час автомобили мира выбрасывают в атмосферу 600 тыс. т оксидов углерода. Атмосферный азот является исходным сырьем для мировой химической промышленности. Техносфера ежегодно поглощает из атмосферы 6 млрд. т кислорода, что в 14 раз больше, чем его расходуется на дыхание всего человечества. США, Япония, ФРГ и некоторые другие промышленно развитые страны потребляют кислорода больше, чем вырабатывает его растительность этих стран. В целом человечество и созданная им техносфера поглощают более 12 % кислорода, ежегодно вырабатываемого биосферой планеты. Атмосферный воздух необходим для сжигания топлива, в том числе для работы автомобильных и авиационных двигателей, а также для охлаждения разного рода технических устройств, в результате чего, помимо физико-химического, происходит тепловое загрязнение атмосферы (так называемый "парниковый эффект", образующийся от выбросов в атмосферу CO).

Расчетная интенсивность тепловых выбросов ГРЭС, например, позволяет сравнить их с тепловыми эффектами больших городов, образующих так называемые "острова тепла". Однако если в городских "островах тепла" наряду с повышением температуры наблюдается понижение влажности, то в "островах тепла", образуемых ГРЭС, влажность воздуха может не понизиться, а наоборот, повыситься из-за интенсивного испарения с поверхности прудов-охладителей, золо- и шлакоотвалов и речных русел.

Изменения тепловых климатических процессов наиболее ощутимы в зимнее время. В этот период, когда прогрев воздушных масс над "островом тепла" будет наиболее сильным по сравнению с окружающим пространством, весьма вероятно возникновение местных воздушных потоков и изменение погодных условий.

Ресурсы атмосферы как промышленного сырья не безграничны — ее масса составляет всего лишь 5200 триллионов т, что совсем не так много по сравнению с масштабами ее загрязнения. По мнению экспертов ООН, происходящие антропогенные изменения в недалеком будущем начнут сказываться на климате планеты и генетических процессах многих видов. В настоящее же время они создают угрозу нормальному функционированию экосистем и вызывают такие заболевания у человека, как бронхит, астма, эмфизема легких, рак и др.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ увеличивают ее замутненность, учащают возникновение туманов, снегов и дождей над городскими и промышленными районами. Диоксид серы и сернистый водород, окисляясь и гидролизуясь в атмосфере, химически преобразуются в серную кислоту. Эта кислота, образовавшаяся в атмосфере в результате бесконтрольного развития индустрии, перемещается с воздушными потоками над всеми континентами и странами мира, создавая опасность всему живому. Она выпадает на землю в виде кислотных осадков, если не нейтрализуется присутствующими в атмосфере щелочными веществами. Так, сернистый ангидрид, выброшенный в Руре и Англии, оседает в Скандинавских странах. Из Италии с помощью ветра экспортируется более 200 тыс. т серы в Австрию и Швейцарию, более 158 тыс. т в Югославию. На Норвегию ежегодно сбрасывается 50 тыс. т серы, т.е. в 6 раз больше, чем производится в этой стране [15].

Кислотные осадки оказывают негативное влияние на плодородие почв и биологическую продуктивность. Во многих реках южной Норвегии из-за высокой кислотности воды лососевая икра не может развиваться, в связи с чем лосось там исчезает. Кроме того, попадание кислот в почву ускоряет вымывание кальция, калия и других питательных веществ, замедляет темпы роста биомассы. Так, в Центральной Европе нанесен ущерб от окисления 1,6 акров пахотных земель и лугов. Кислотные дожди являются одним из основных факторов

химического выветривания горных пород, оказывают разрушающее воздействие на памятники архитектуры. Они стали новой формой загрязнения окружающей среды. Вопрос об этих загрязнениях стал конфликтным между странами Западной Европы и Скандинавскими странами, между США и Канадой, а также Италией, с одной стороны, и Австрией, Швейцарией и Югославией — с другой. С целью решения этой проблемы в 1979 г. в Женеве была подписана конвенция, обязывающая искать пути сокращения выбросов серы в атмосферу с целью устранения кислотных осадков.

Также интенсивно происходит загрязнение гидросферы Земли. По существующим подсчетам весь объем гидросферы составляет 1,4 млрд. км³ воды, в том числе 93,96 % общего объема воды приходится на долю Мирового океана.

Пресные воды распределены на поверхности Земли крайне неравномерно. Так, в Европе и Азии, где проживает 70 % населения мира, сосредоточено лишь 39 % мировых речных вод. На территории СССР 82 % речного стока приходится на северные районы страны, которые по климатическим условиям малопригодны для развития земледелия и менее заселены, чем южные районы, экономически более развитые, но испытывающие дефицит пресной воды.

Вода принадлежит особая роль в биосфере и жизни общества. Она — неизменный материал, самое главное ископаемое без которого не может существовать биосфера. Вода входит в состав клеток и тканей всех организмов, она необходима везде, где существуют земные формы жизни. Основные водопотребители — сельское хозяйство, промышленность, энергетика и коммунальное хозяйство городов. Для того чтобы вырастить 1 т хлопка, требуется за вегетационный период около 10 тыс. т воды, 1 т риса — более 7 тыс. т, 1 т пшеницы — 1500 т воды. Для выплавки 1 т стали требуется более 100 т воды. Если человечество ежегодно потребляет 7—8 млрд. т минеральных ресурсов, то воды расходуется 7—8 млрд. т ежедневно. Огромное количество воды используют современные ТЭЦ. Например, станция мощностью 300 тыс. кВт расходует более 300 млн. м³/год. В экономически развитых странах на хозяйственно-питьевые цели приходится около 10 % общего водопотребления. В нашей стране в ближайшем будущем потребление воды на душу населения достигнет 500 л/сут, а в Москве этот показатель уже достиг 700 л/сут, что говорит о бесхозяйственном отношении к воде.

Долгие годы человечество рассматривало гидросферу как бесплатный и неисчерпаемый дар природы, непрерывно возобновляющий стационарные запасы пресных вод. Океаны, моря и реки использовались как удобные резервуары для отходов бурно развивающейся промышленности и коммунального хозяйства.

Так, в недалеком прошлом при промывке танкеров в Мировой океан сливалось несколько миллионов тонн нефти в год. При добыче нефти на континентальном шельфе миллионы тонн ее утекают в воды океана. Огромное количество нефти попадает в Мировой океан в результате катастроф морских судов и особенно танкеров. Известный норвежский исследователь Тур Хейердал писал о том, что во время своего путешествия (было пройдено около 2400 миль) в течение 43 дней после выхода из марокканского порта Сафи поверхность океана была покрыта мазутом и кусками битума и представляла собой почти непрерывную полосу загрязнений.

Подсчитано, чтобы превратить Балтийское море в мертвую пустыню, достаточно вылить в его воды 200 тыс. т нефти.

Существенными источниками загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами в промышленных центрах являются нефтесодержащие стоки предприятий и ливневые воды, смываемые с промплощадок, городских улиц и площадей.

При загрязнении водных объектов под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности человека происходит изменение состава воды, в результате чего качество ее перестает удовлетворять требованиям, предъявляемым у нас в стране "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами N 1166—74" и "Правилами санитарной охраны прибрежных вод морей N 1210-74". Аналогичные правила приняты и в ряде других стран.

Попадающие в водоемы нефтепродукты вызывают появление специфического запаха и привкуса у воды, образование пленки на ее поверхности и отложение тяжелых нефтепродуктов на дне водоемов. Пленка нефтепродуктов нарушает процесс газообмена и препятствует прониканию в воду световых лучей. Кроме того, под влиянием ветра пленка нефтепродуктов сгоняется к берегам, загрязняя их и прибрежную растительность.

Попавшие в воду нефтепродукты в результате биохимического окисления постепенно разлагаются на углекислоту и воду. Однако этот процесс протекает медленно и зависит от количества растворенного в воде кислорода, температуры, количества содержащихся в воде микроорганизмов. В летнее время пленка нефтепродуктов разлагается на 50—80 % в течение 5—7 сут, при температуре ниже +10°C процесс идет медленнее, а при температуре +4°C разложения не происходит вообще. Донные отложения нефтепродуктов удаляются еще медленнее, даже в паводок водоемы не освобождаются от них. Таким образом, они становятся источником вторичного загрязнения среды. Наличие поверхностной пленки нефтепродуктов и донных отложений приводит к уменьшению содержания в воде растворенного кислорода и отравлению микроорганизмов, резкому замедлению процесса естественного самоочищения водоемов.

Наличие в воде нефтепродуктов делает воду непригодной не только для питья, но и для промышленного потребления. Однако особенно большой ущерб наносится рыбному хозяйству. Рыбы наиболее

чувствительны к изменению химического состава воды и попаданию в нее нефтепродуктов в эмбриональный период. Нефтепродукты, попадающие в водоем, приводят также к гибели планктона — важной составляющей кормовой базы рыб. От загрязнения водоемов страдают и водоплавающие птицы.

Нефтепродукты — не единственные источники загрязнения поверхностных вод. Известно, что вода загрязняется при уменьшении проточности реки, например в результате создания водохранилища, если в созданный водоем будут попадать теплые сбросные воды ТЭЦ и других промышленных объектов, а также удобрения, смываемые с сельскохозяйственных угодий. Это приводит к эвтрофикации, т.е. резкому увеличению биологической продуктивности в связи с возникновением новых условий тепло- и массообмена. Однако в результате отмирания водорослей и их разложения на дне водоема образуется зона сероводородного загрязнения, содержание кислорода в воде понижается, и высшие водные организмы погибают. Значительную угрозу загрязнения водоемов представляют также тяжелые металлы, содержащиеся в ПО, и в первую очередь, отходах гальванических производств. Металлы, содержащиеся в промышленных отходах (медь, хром, кадмий, никель, цинк, олово), токсичны, обладают способностью вызывать в организме различные виды биологических эффектов (общетоксический, гонадотоксический, эмбриотоксический, мутагенный), поэтому поступление их в водоем со стоячими водами опасно для здоровья. Степень токсичности и опасности различных металлов неодинакова и может быть оценена по среднетелесным дозам (ЛД₅₀) для лабораторных животных и принятым в настоящее время предельно допустимым концентрациям (ПДК) в воде водоемов. Как показали результаты опытов, проведенных с целью гигиенического нормирования, наиболее токсичными для животных, а следовательно, и для человека являются хром и кадмий, ЛД₅₀ которых для крыс (в пересчете на ион металла) равны 25 и 88 мг/кг, несколько менее токсичны никель и медь, ЛД₅₀ которых составляют 126 и 125 мг/кг, наименее токсичен цинк -- ЛД₅₀ равно 500 мг/кг.

Длительное поступление металлов в организм с водой даже в относительно низких дозах может привести к их задержке и накоплению в органах и тканях, а в последующем — к развитию интоксикаций, сопровождающихся нарушением функционирования внутренних органов (печени, почек), центральной нервной системы, изменениями активности ряда ферментов, блокированием 6Н-групп белковых молекул и др.

Наиболее неблагоприятным последствием длительного поступления металлов в организм является развитие отдельных эффектов — мутагенного, эмбриотоксического и гонадотоксического. Соединения никеля и хрома оказывают сенсibiliзирующее действие и могут быть причиной различных аллергических реакций у людей.

Накопление меди, никеля, хрома, цинка, кадмия и олова (тяжелых металлов) в почве ведет к повышению их концентраций в растениях и к снижению урожаев сельскохозяйственных культур, а также к частичной или полной утрате плодородия почв. В отдельных случаях под действием высоких концентраций тяжелых металлов на почву большие земельные площади превращаются в техногенную пустыню.

Загрязнение почвы тяжелыми металлами оказывает отрицательное влияние не только на растительные экосистемы, но и на почвенные микробиологические ценозы. При этом наблюдается значительное снижение урожайности. Так, в условиях умеренного климата урожай зерновых понижается на 20--30 %, свеклы - на 35 %, бобов - на 40 %, картофеля - на 47 %, причем наиболее резко урожай сельскохозяйственных культур снижается при условии, если какой-либо фактор роста находится в минимуме.

Наличие тяжелых металлов в осадках городских сточных вод является прямым следствием неконтролируемого сброса гальванических стоков и шламов в канализационные сети городов. Поскольку исторически крупные города располагались, как правило, по берегам рек и водоемов, то с развитием промышленности загрязнение водной среды, в частности пресных вод, стало особенно интенсивным. Многие реки стали подобны огромным каналам, несущим в моря и океаны отбросы городов. Объем вод, сбрасываемых в водостоки и водоемы всех видов, растет высокими темпами и достигает в настоящее время 600-700 млрд. м³/год. В прошлом десятилетии в ФРГ 77 % общего объема сточных вод не проходило полной очистки. В Италии и Бельгии только 5 % сточных вод подвергалось вторичной очистке. В США 28 % бытовых стоков сбрасывалось прямо в землю, в ФРГ — 20 %. В Австрии механической очистке подвергалось 5 % стоков, биологической — только 3 %. В результате загрязнения пресных водоемов водные ресурсы во многих регионах мира стали остродефицитными [9, 15].

Помимо воздушной и водной сфер большую нагрузку в результате антропогенной деятельности испытывает геологическая среда, почвенные и подпочвенные горизонты Земли. Человеческое общество воздействует на геологическую среду по-разному. Во-первых, оно извлекает из недр и использует в своих целях основные полезные ископаемые и сопутствующие им полезные компоненты, включая породы, перекрывающие или вмещающие эти ископаемые и подземные воды хозяйственно-питьевого или любого другого назначения. Понятно, что рациональное использование вскрышных или вмещающих пород подразумевает их применение в первую очередь для заполнения выработанного пространства или рекультивации земель, создания рукотворных, экономически полноценных ландшафтов на месте бывших горных выработок.

Во-вторых, человек использует геологическую среду как пространство для подземного строительства, прокладки коммуникаций, размещения производств, не требующих наземного расположения, создания

хранилищ нефти, газа и других веществ, материалов и продуктов, отходов производства, а также для создания искусственных запасов подземных вод, используемых для питья и хозяйственных целей.

В третьих, геологические объекты все шире используются при создании различных поверхностных накопителей, захоронении ПО и сточных вод. Химическое загрязнение почвы в результате несоблюдения и нарушения правил складирования и захоронения ПО наносит невосполнимый ущерб флоре и фауне, вызывает отравление всего живого в местах загрязнения, существенным образом влияет на природные процессы и динамическое равновесие биосферы. Вот несколько примеров.

В ФРГ в одном только г. Бохуме было зарыто 15 тыс. баков с отходами, содержащими цианистый калий. В г. Мемфисе(США) было зарыто 29 тыс. т химических веществ со складов ВВС, в 70-х годах в США вредные химические радиоактивные, самовозгорающиеся и другие вещества размещались на территории 100 свалок (из 13600 свалок) в количестве 400 млн. т/год.

Любое загрязнение может пагубно отразиться на состоянии поверхностных вод и на возможности эксплуатации подземных вод. Если учесть, что самоочищение подземных вод происходит намного медленнее, чем поверхностных, то опасность их загрязнения представляется очевидной.

Загрязнение подземных вод может распространяться, оставаясь незамеченным на многие километры, пока не достигнет какого-либо колодца или водозаборной скважины, и когда обнаружится, что вода непригодна для питья, водозабор надо переносить и сооружать новую скважину, выясняется, что арсенал загрязнения распространился и на новую перспективную для сооружения скважины площадь.

Антропогенные факторы в своем материальном единстве и взаимосвязи оказывают синтезирующее влияние на круговороты веществ и химических элементов. Под влиянием этих факторов характер и скорость протекания многих биосферных процессов и явлений в окружающей среде меняется по сравнению с тем, что наблюдается при естественных химических явлениях и динамическом равновесии биосферы. Так, в результате производственной деятельности человека резко возрастает миграция атомов и молекул различных химических элементов и их соединений, их антропогенное рассеивание и концентрация в различных средах и сферах планеты.

В производственных процессах часто имеют место реакции, не свойственные естественным явлениям, создаются вещества и материалы, не существующие в природе. США ежегодно синтезирует около 3 тыс. новых химических веществ. Государственными органами этой страны к концу 1980 г. было зарегистрировано более 60 тыс. препаратов пестицидов. Значительная часть этих веществ не исследована с целью определения их вредности для окружающей среды, и прежде всего для человеческого организма. По оценке Агентства охраны окружающей среды США, в этой стране 14 тыс. химических веществ, поступающих в торговую сеть, обладают канцерогенными свойствами и способствуют возникновению не только раковых, но и многих других заболеваний.

В глобальном плане к настоящему времени определились некоторые важные проблемы в области антропогенного загрязнения окружающей природной среды, к числу которых относятся:

1) возможное изменение климата в связи с поступлением в атмосферу техногенного тепла, углекислого газа и аэрозольных примесей;

2) нарушение озонового слоя Земли связанное с поступлением в атмосферу фреонов, оксидов азота и некоторых других веществ;

3) экологические последствия обширного загрязнения природной среды и биосферы радиоактивными веществами, тяжелыми металлами и пестицидами;

4) загрязнение морской среды атмосферными осадками, речными стоками, наземными источниками и морским транспортом;

5) дальний атмосферный перенос загрязняющих веществ, выпадение кислотных осадков.

Таким образом, масштабы антропогенного воздействия на окружающую среду и вытекающие из этого последствия заставляют искать новые технологические процессы, которые, являясь не менее эффективными в экономическом смысле, во много раз превосходили бы существующие по степени экологической чистоты. Фактически противоречие между экономикой и экологией означает противоречие между необходимостью гармонического развития системы "природа-человек-производство" и недостаточной объективной возможностью достижения этого, а порой субъективным нежеланием такой гармонии на современном этапе развития производительных сил и производственных отношений [9].

Сознание и понимание обществом основных закономерностей во взаимоотношениях его с природой является сегодня одним из определяющих факторов. Поэтому важными направлениями экологического образования и воспитания людей являются пропаганда знаний по охране природной среды от антропогенного загрязнения, формирование у каждого человека активной общественной позиции в деле создания экологически чистого производства, а также создание биосферосовместимой материально-технической базы общества.

1.3. Показатели качества окружающей среды

В научно-технической литературе для показателей качества окружающей среды используют термин "индекс качества среды"(лучшему качеству соответствует больший индекс) и термин "индекс загрязнения среды"

(большему загрязнению соответствует больший индекс). Можно считать, что индекс качества = 1/индекс загрязнения.

Критериями качества окружающей среды в настоящее время служат ПДК, являющиеся гигиеническими нормами. В СССР научно обоснованы и установлены гигиенические нормативы более чем для 400 веществ и их комбинаций, причем все эти вещества отнесены к одному из четырех классов опасности загрязняющих веществ (наиболее опасным является 1-й класс, наименее опасным -- 4-й). Для большинства загрязняющих веществ устанавливают два значения ПДК: максимально разовая и среднесуточная. Максимально разовая ПДК связана, в основном, с возможным рефлекторным действием вещества на организм. Это — ПДК примеси в воздухе, регистрируемая с 20-минутным осреднением; предельно допустимая частота появления концентрации, превышающей максимально разовую ПДК, не должна превышать 2 % общего числа измерений.

Среднесуточная ПДК направлена на предупреждение хронического резорбтивного действия вещества при длительном вдыхании. Это -- ПДК примеси в воздухе, усредненная за длительный интервал времени (до 1 года).

В табл. 1.1 приведены ПДК наиболее распространенных загрязняющих веществ при длительном и кратковременном воздействии, принятые в СССР, США, ФРГ, Японии, а также рекомендуемые экспертами Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Как правило, при установлении ПДК в соответствующих документах дается перечень рекомендуемых методик измерений, результаты которых должны сравниваться с ПДК. Обычно в этих документах специально обращается внимание на необходимость учета эффекта суммирования действия целого ряда загрязняющих веществ (например, диоксида серы и взвешенных частиц), а также указываются другие дополнительные ограничения на характер загрязнения, например, вводится правило, чтобы допустимые по частоте превышения установленного уровня концентрации не следовали друг за другом.

При расчете индексов загрязнения атмосферного воздуха необходимо выполнить две главные операции: произвести количественное сравнение концентрации каждого загрязняющего вещества со стандартом, а затем агрегировать полученные результаты в некий суммарный показатель, который учитывал бы воздействие нескольких веществ.

Этой операцией нормируются концентрации загрязняющих веществ по их стандартам, что дает возможность сопоставлять действующие концентрации различных веществ в одних и тех же единицах. Более точный учет характера воздействия достигается введением коэффициентов массы и выбором вида функции S.

Качество природных вод зависит от состава и количества растворенных и взвешенных веществ, микроорганизмов, гидробионтов, а также от температуры, кислотности и других физико-химических показателей. Таким образом, оценка качества воды может производиться по физическим, химическим, бактериологическим и гидробиологическим показателям.

Стандарты и нормативы качества воды различны для водных объектов санитарно-бытового и рыбохозяйственного назначения. В СССР ПДК вредных веществ в природных водах установлены более чем для 800 химических веществ. Эти вещества подразделяются на три группы по лимитирующему показателю вредности (общесанитарный, санитарно-токсикологический, органолептический), особо выделяется рыбохозяйственный показатель вредности [17].

Одним из факторов, определяющих качество природной среды, является предельно-допустимый выброс в атмосферу (ПДВ) — научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или совокупности источников не превышало загрязнений, определенных нормативами качества воздуха для населения, а также для животного и растительного миров.

Сущность ПДВ состоит в нормировании выбросов, так как при существующих методах сокращения отходов производства практически невозможно полностью избежать проникания в атмосферу вредных веществ. Вместе с тем можно уменьшить промышленные выбросы до установленного предела или ослабить их воздействие до уровней, определяемых ПДК. Для выявления связи между ПДВ и ПДК исследуют закономерности распространения примесей от их источников до зоны воздействия, обусловленной турбулентной диффузией в атмосфере. В СССР введен ГОСТ 17.2.3.02 -78 на правила установления ПДВ вредных веществ промышленными предприятиями.

1.4. Классификация ПО

Классификация ПО, образующихся в результате производственной деятельности человека, необходима как средство установления определенных связей между ними с целью определения оптимальных путей использования или обезвреживания отходов.

Обобщение и анализ литературных данных показывают, что классификация ПО основана на систематизации их по отраслям промышленности, возможностям переработки, агрегатному состоянию, токсичности и т.д. В каждом конкретном случае характер используемой классификации соответствует рассматриваемым аспектам: складированию, очистке, переработке, захоронению ПО, предотвращению их токсичного воздействия и пр. Каждая отрасль промышленности имеет классификацию собственных отходов.

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

Согласно ГОСТу "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности", все ПО делятся на четыре класса опасности:

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

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

- наличие в отходах ртути, сулемы, хромовокислого калия, треххлористой сурьмы, бенз(а)пирена, оксида мышьяка и других высокотоксичных веществ позволяет отнести их к первому классу опасности;
- наличие в отходах хлористой меди, хлористого никеля, трехокисной сурьмы, азотнокислого свинца и других, менее токсичных веществ дает основание отнести эти отходы ко второму классу опасности;
- наличие в отходах сернокислой меди, щавелевокислой меди, хлористого никеля, оксида свинца, четыреххлористого углерода и других веществ позволяет отнести их к третьему классу опасности;
- наличие в отходах сернокислого марганца, фосфатов, сернокислого цинка, хлористого цинка дает основание отнести их к четвертому классу опасности.

Принадлежность к классу опасности иных по химическому составу отходов можно определить расчетным методом как по ЛД50, так и по ПДК для данного химического вещества в почве, пользуясь математической формулой, справочной литературой (физико-химические константы, их токсичность по ЛД50 и утвержденными Минздравом СССР гигиеническими нормативами для химических веществ в почве [21]). Приведенная далее схема классифицирует отходы по сфере их использования (рис. 1).

Отходы могут быть использованы до или после обработки. На используемость влияет не только их качество, но и количество в данном месте, а также местные условия. По состоянию различаются отходы твердые, жидкие и газообразные. По месту возникновения отходы подразделяются на бытовые, промышленные и сельскохозяйственные. По составу основным показателем можно считать происхождение отходов --органическое и неорганическое, а также сжигаемы отходы или нет. Особую группу представляют собой отходы в виде энергии, называемые энергетическими (тепло, шум, радиоактивное излучение и т.п.).

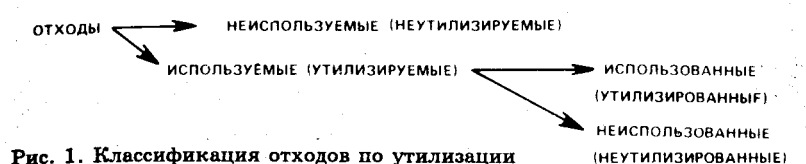


Рис. 1. Классификация отходов по утилизации

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

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

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

Все виды отходов производства и потребления по возможности использования можно разделить, с одной стороны, на вторичные материальные ресурсы (ВМР), которые уже перерабатываются или переработка

которых планируется, и, с другой стороны, на отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно образуют безвозвратные потери.

В Японии ПО разделяют на 14 основных групп (нефтеотходы, осадки и шламы очистных сооружений, зола, шлаки и др.), в каждой из которых предусмотрена дополнительная классификация по способу их возможной обработки и дальнейшего использования в качестве ВМР.

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

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

В Канаде все ПО распределены на 10 категорий: органические химикаты и растворители, масла, жиры, кислоты и щелочи, отходы металлов, пластмасс, тканей, кожи и резины, древесные и бумажные отходы. В ФРГ имеется государственный каталог отходов, куда постоянно заносятся их новые виды для определения дальнейших мер борьбы с ними. В США разработан ряд градаций для различных регионов страны, в основном по типу использования отходов с выделением 115 наименований опасных веществ. В дальнейшем предполагается расширить номенклатуру таких отходов до 400 наименований. По рекомендациям Агентства по охране окружающей среды 50 % отходов следует перерабатывать, 26 % --захоранивать, 24 % — термически обезвреживать [4,10].

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

Определенный практический интерес представляет создание справочников-классификаторов для отдельных регионов: республик, областей, отдельных экономических районов, крупных промышленных центров. Один из первых таких справочников был разработан Госпланом Азербайджанской ССР. Отходы в нем классифицированы по физико-химическому состоянию, отрасли, в которой они образуются и методу образования. Там же приведены описания разработанных технологических схем переработки и рекомендации по их утилизации.

Другая классификация была предложена научно-исследовательским и проектным институтом Генплана Москвы. Согласно этой классификации, ПО столицы по формам и видам делятся на 13 групп [4]:

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

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

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

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

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

VI — древесные отходы;

VII--- отходы бумаги;

VIII— отходы черных и цветных металлов, легированных сталей;

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

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

XI — отходы легкой промышленности;

XII — стеклоотходы;

XIII - отходы стройиндустрии.

Разработанная институтом Генерального плана Москвы развернутая классификация ПО по группам и видам представлена на рис. 2.

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

ВМР удобно классифицировать по двум признакам: источнику образования и направлению использования. В качестве примера на рис. 3 приведена классификация по источнику образования (без отходов сельскохозяйственного производства). Для наиболее полной характеристики рассматриваемых ВМР, необходимой для организации учета их образования, хранения, распределения и использования,

- •подотрасль химической промышленности, в которой получаютс или могут потребляться отходы;
- •процессы, при проведении которых образуются ВМР (добыча, обогащение, переработка и др.);
- •физико-химические свойства отходов;
- •объем образующихся отходов (малотоннажные и крупнотоннажные);
- •содержание ценных компонентов в отходах;
- •стоимостные показатели:



рис. 2. Классификация промышленных отходов по группам видам

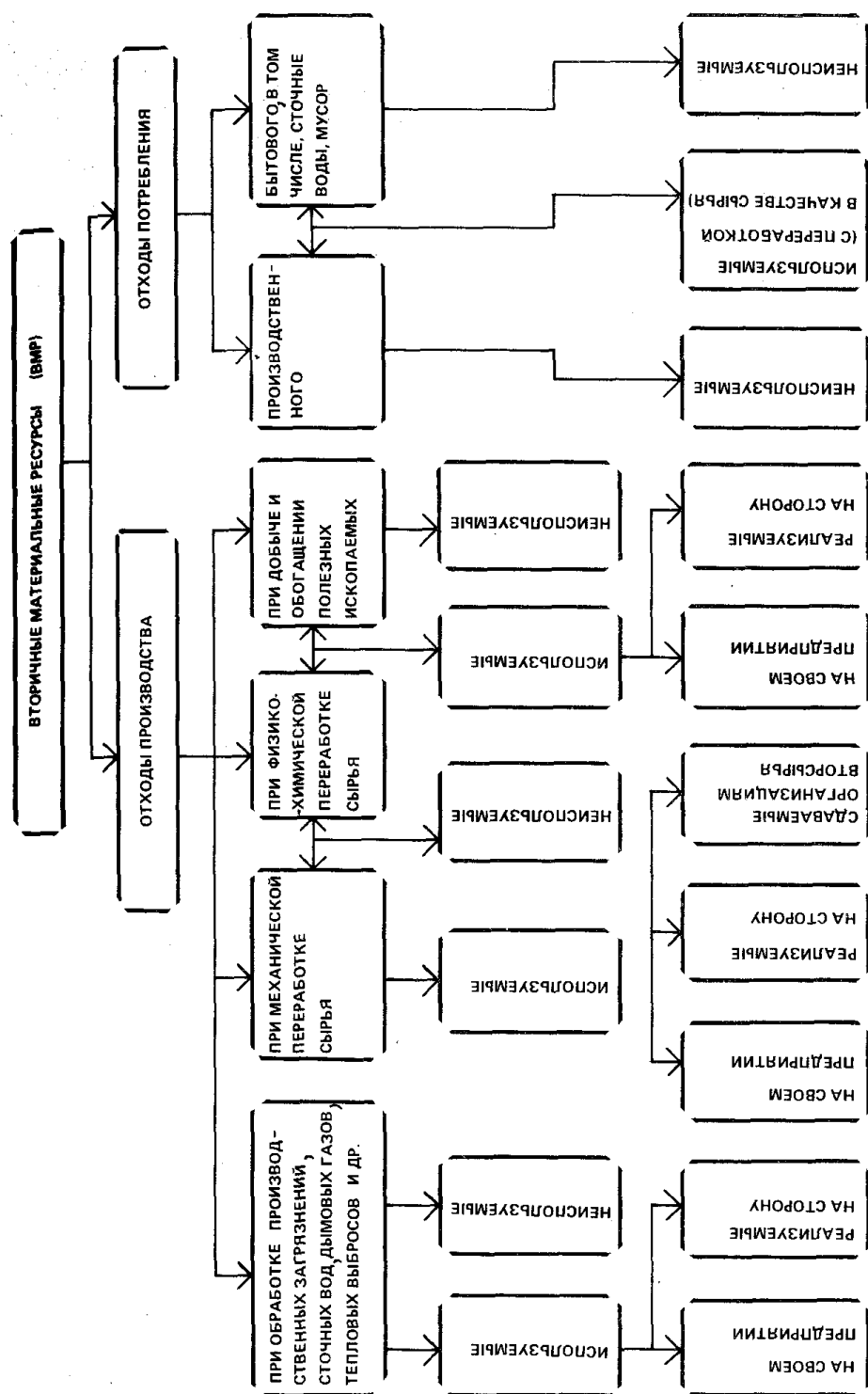


Рис. 3. Классификация вторичных материальных ресурсов по источнику образования

возможности использования отходов (наличие надежных способов переработки, а также соответствующего оборудования);

транспортабельность отходов;

воздействие отходов на окружающую среду.

Классификация отходов должна обеспечить получение данных, необходимых для разработки организационно-технических мероприятий по уменьшению количества отходов и их утилизации в рамках определенных промышленных узлов.

С практической точки зрения следует отметить, что если известна конечная ступень технологии переработки и утилизации ПО, то их следует классифицировать, основываясь в первую очередь на этой технологии. Конечным этапом обезвреживания большинства не утилизируемых городских ПО (исключая

особо токсичные, а также инертный строительный мусор и т.п.) в настоящее время является сжигание. Это подтверждается опытом централизованного обезвреживания ПО в таких странах, как Дания, Финляндия, ФРГ, Швеция и др. При такой технологии важно сгруппировать все отходы так, чтобы они органически вливались в ту или иную технологическую цепочку, ведущую к конечной цели — термическому обезвреживанию отходов с утилизацией тепловой энергии и других полезных продуктов. Исходя из этого нужно выделить горючие и негорючие отходы, внутри которых, в свою очередь, также есть различия в свойствах, фазовом состоянии, способах обработки и т.п. Отдельно следует выделить такие отходы, которые могут взаимно нейтрализовать друг друга или служить, например, реагентами для обработки возникающих сточных вод. Отходы, содержащие в себе особо полезные компоненты, например цветные металлы, должны выделяться и обрабатываться отдельно, чтобы конечный продукт не смешивался с менее ценными шламами. Необходимо определить тепловой баланс между горючими и негорючими отходами, внутреннюю потребность в тепле станции централизованного обезвреживания, необходимость в дополнительном топливе или объем и пути утилизации избыточного тепла. Это должно определять характер анкет или бланков единовременного учета отходов.

При разработке и проектировании технологических схем централизованной переработки ПО для Москвы МосводоканалНИИпроекту пришлось разработать упрощенную схему классификации ПО и загрязнений по основным методам их конечной переработки — сжиганию или сушке с утилизацией тепла и учетом токсичности отходов. В эту классификацию включены только те отходы, которые по тем или иным причинам не могут быть утилизированы на своем предприятии или переданы на другие. Согласно этому, отходы распределены на следующие десять групп:

I. Неутилизируемые отходы на основе нефти (не принимаемые на регенерацию отходы масел, жидкие отходы с поверхности очистных сооружений и т.п.);

II. Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) (ионогенные, неионогенные, смешанные);

III. Растворители и промывочные жидкости нефтяного и не нефтяного Происхождения (галогеносодержащие и остальные);

IV. Пастообразные горючие отходы (отработанные консистентные смазки, дохи, краски, клеевые отходы, жиры и пр.);

V. Осадки нефтесодержащих сточных вод локальных очистных сооружений;

VI. Гальванические шламы (отдельно содержащие хром, никель, кадмий, медь, свинец, циан-группу и др.);

VII. Твердые горючие отходы (промасленная ветошь, использованная упаковка и тара из древесины, прочий производственный мусор);

VIII. Отходы полимерных материалов, не принимаемые на переработку (избыточное количество резиновых отходов, изношенных покрышек, некоторые виды пластмассовых отходов, отдельно термопласты и реактопласты);

IX. Кислоты и щелочи (включая кислые и щелочные отходы гальванических производств);

X. Прочие токсичные отходы, которые целесообразно перерабатывать на специальных предприятиях и установках (например, ртутные лампы, некоторые специфические отходы химических производств), а также отходы, подлежащие захоронению и складированию [19].

Поскольку технология подготовки ПО к последующей обработке предполагает образование сточных вод, целесообразно станции обезвреживания ПО располагать вблизи станций аэрации, на которых образуются осадки, не всегда находящие применение в сельском хозяйстве. В таком случае они могут приниматься на станцию совместно с ПО, давая дополнительное тепло в силу своей относительно высокой теплоты сгорания.

1.5. Нормирование сбора ПО

Для всех видов продукции, получение которой из ВМР или отходов экономически целесообразно, необходимо правильно рассчитать нормы сбора вторичных отходов. При оценке норм следует определить источники образования ВМР, проанализировать влияние технологических, организационных, экономических факторов на объем отходов, степень их использования и, кроме того, рассчитать годовые и перспективные планы для различных источников образования и сфер применения вторичных ресурсов.

Количество отходов производства, которое можно использовать для изготовления продукции, в общем случае определяют по формуле:

$$H = CP,$$

где H — норма образующихся отходов, кг/кг, м³/м³, м³/м³; C — объем продукции или сырья, при производстве или переработке которых образуются отходы, кг, м², м³; P — безразмерный коэффициент, учитывающий долю отходов, пригодных для использования (в каждом конкретном случае этот коэффициент определяется в зависимости от пригодности отходов для переработки по направлениям использования).

Для повышения уровня использования отходов важное значение имеет совершенствование системы ценообразования на отходы и получаемую из них продукцию. Цену отходов, например, механической

переработки сырья и материалов определяют исходя из цены перерабатываемого сырья или полноценного материала с помощью коэффициента пересчета цены, размер которого зависит от потребительских свойств отходов, т.е. от степени их пригодности к использованию. Основой для определения экономической эффективности производства продукции из отходов является его сопоставление с производством этой же продукции из исходного сырья

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_0) Q_0,$$

где $\mathcal{E}$ -- эффективность использования отходов, руб. на единицу продукции; Z_1 и Z_0 -- приведенные затраты на единицу продукции соответственно из первичного сырья (материала) и отходов, руб; 1 -- коэффициент, учитывающий потребительские свойства продукции из первичного сырья и отходов Q -- количество продукции, вырабатываемой из отходов за год (как отчетный период); Q_0 -- количество продукции из первичного сырья, равноценной по потребительским свойствам количеству продукции из отходов.

Использование ПО в сфере материального производства позволяет получить экономический эффект:

- изготовителю основной продукции — в результате уменьшения затрат на транспортирование отходов и содержание отвалов, а также прибыли от реализации продукции из отходов;
- потребителю отходов -- в результате разницы цен на сырье из отходов и из традиционных материалов, а также снижения транспортных расходов.

Положительный эффект от переработки отходов возможен не только в той отрасли промышленности, где образуются отходы, но и в сопряженных отраслях, а также в народном хозяйстве в целом. Значительная экономия обуславливается расширением сырьевой базы без выделения дополнительных средств на разведку и разработку полезных ископаемых, освобождением земельных площадей от отвалов и свалок, а также снижением себестоимости продукции, уменьшением отрицательного воздействия ПО на состояние окружающей среды и др. В различных отраслях промышленности существуют отраслевые методики для определения объемов ВМР для использования их в промышленности. Определение нормы отходов можно рассмотреть на примере сбора отработанных масел - наиболее распространенных и ценных отходов промышленности и транспорта.

Под нормированием отходов отработанных масел понимается определение плановой меры их сбора. Основная задача нормирования — это повышение эффективности планирования сбора отработанных масел посредством внедрения технически обоснованных норм.

Производственным объединением по сбору, регенерации и рациональному использованию отработанных нефтепродуктов "Вторнефтепродукт" Госкомнефтепродукта СССР разработаны "Методические указания по нормированию сбора отработанных моторных и промышленных масел", которые служат руководством при разработке методик по нормированию сбора отработанных масел в народном хозяйстве в дополнение к существующей типовой методике, утвержденной Госнабмом СССР 25 февраля 1976 г. Согласно указанным материалам, нормы сбора отработанных масел по степени агрегации (укрупнения) подразделяются на индивидуальные и групповые.

Индивидуальная норма сбора — это технически обоснованное количество отработанных масел, извлекаемое из всех маслосодержащих емкостей с единицы оборудования определенного типа. Эта норма не изменяется в течение длительного периода времени, определяемого степенью технического и морального износа оборудования.

Групповая норма сбора отработанных масел (нормируемый сбор за год) -- это сбор масел с общего количества одноименного оборудования, занятого в реализации плановых заданий по каждому уровню планирования (цех или участок --предприятие -- объединение — министерство). Групповая норма сбора изменяется ежегодно в зависимости от объемов производственного плана, наличия оборудования, интенсивности его использования, состояния складского хозяйства, организации смазочно-эмульсионного хозяйства и ряда других факторов. Групповые нормы сбора отработанных масел рассчитывают на основании индивидуальных норм. Чем точнее определена индивидуальная норма, тем точнее расчетная групповая норма и, следовательно, реальнее план сбора отработанных масел.

Индивидуальная норма определяет только сбор "нетто" соответствующих видов нефтепродуктов и автоматически учитывает потери, возникающие при удалении отработанных масел с единицы оборудования. Потери, связанные с транспортированием, хранением и отпуском отработанных масел, в индивидуальную норму не входят.

Удаленность предприятия от нефтебаз и источников сбора от складов горючесмазочных материалов (ГСМ) внутри предприятия порождает многоступенчатую схему сбора отработанных нефтепродуктов, включающую ряд операций по их сливу, транспортированию, переливу, хранению и выдаче. Каждая операция в этой схеме является не только источником соответствующих потерь, но и определяет собой нормообразующий фактор.

Наличие расхождения между потерями, рассчитанными по нормам естественной убыли нефти и нефтепродуктов и фактическими потерями, является фактором, требующим проведения соответствующих исследований в целях установления научно обоснованных норм потерь отработанных нефтепродуктов.

Наличие потерь приводит к уменьшению объемов отработанных нефтепродуктов, собираемых по индивидуальным нормам, загрязнению окружающей среды. Эти обстоятельства учитываются на всех уровнях планирования сбора.

Исходными данными для определения индивидуальных норм сбора отработанных масел являются:

V , -- заправочная вместимость конкретного агрегата машины (берут из инструкции по эксплуатации машин), л; масса 1 л масла определенной марки, кг/л; K_p , — коэффициент полноты выхода отработанных масел (зависит от особенностей конструкции емкости системы смазывания, вязкости применяемых масел, температуры сливаемого масла, расположения и типа сливных отверстий, места установки конкретного типа оборудования и т.д.), принимается в пределах от 0,8 до 0,95. В общем случае K_{pi} является функцией f отношения количества (объема) слитого масла к количеству (объему) заправочного

$$K_{pi} = f(V_{\text{слит}} / V).$$

Индивидуальная норма сбора отработанного моторного или индустриального масла для всех видов техники и оборудования, а также автомобильного транспорта, тракторов, комбайнов, судовых двигателей и т.д. рассчитывается по формуле

$$N_{isj} = V_i K_{pi},$$

где N_{isj} — индивидуальная норма сбора моторного или индустриального масла для единицы оборудования определенного типа в натуральных единицах, кг, т.

Групповые нормы определяют, как правило, расчетно-аналитическим методом на основе индивидуальных норм и соответствующих данных о парке оборудования. Исходными данными для расчета групповых норм сбора отработанных масел в отдельном подразделении народного хозяйства являются:

- индивидуальная норма сбора отработанных масел конкретного оборудования или механизма;
- количество машино-часов работы оборудования, тыс. км пробега автомобиля, моточасы тракторов, комбайнов, судовых двигателей и т.п.

Сделанный рядом специалистов анализ показывает, что нормы сбора масел в СССР пока значительно ниже, чем во многих других странах. Это обуславливается, очевидно, отсутствием единых жестких норм потерь для отработанных нефтепродуктов. Так, например, в ПНР сбор отработанных индустриальных масел составляет 50 %, а трансформаторных — 90 %; примерно такие же нормы сбора нефтепродуктов установлены в НРБ и ряде других стран. У нас в стране для различных предприятий городского хозяйства нормы сбора составляют: моторных масел автотракторного парка --25 %, индустриальных отработанных масел -- 35 %.

При этом следует отметить, что если сбор нефтепродуктов групп ММО (масло моторное отработанное) и МИО (масло индустриальное отработанное) планируется и нормируется директивными органами, то сбор групп СНО (смесь нефтепродуктов отработанная), куда входят и нефтепродукты, практически не планируется и не нормируется.

Между тем, зная расходы сточных вод и среднегодовые концентрации нефтепродуктов на входе и выходе из очистного сооружения, несложно определить количество подлежащих задержанию нефтепродуктов, т/г, по формуле

$$Q = (C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}) V \cdot 10^{-6} K,$$

где $C_{\text{нач}}$ и $C_{\text{кон}}$ — соответственно начальная и конечная концентрации загрязнения, мг/л; V — количество сточной воды, поступающей на очистку, м³/г; K — сумма коэффициентов.

Указанная сумма коэффициентов должна учитывать категорию предприятия, технологические потери на нем, эффективность очистки сточных вод, зону расположения предприятия [19].

Отсутствие норм на сбор и сдачу нефтеотходов, задерживаемых на очистных сооружениях, является одной из причин их неудовлетворительной эксплуатации.

Методические основы определения объемов образования отходов разработаны сейчас практически во всех ведущих отраслях промышленности страны. При разработке норм образования и расхода ВМР и побочных продуктов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, например, пользуются следующими методами:

для отходов, образующихся в процессе физико-химической переработки сырья, применяют расчетный метод. При этом составляют материальные балансы технологических процессов, представляющие собой математические выражения зависимости нормируемых видов отходов от определяющих факторов;

для отходов, образующихся при механической и механохимической переработке (обработке) сырья, материалов, полуфабрикатов, наряду с расчетным, можно пользоваться опытным или статистическим методом при условии хорошей организации учета расходов материалов и полуфабрикатов на предприятии.

Норму образования отходов $N_{об}$ физико-химической переработки (обработки) сырья и материалов рассчитывают как разность между нормой расхода сырья и материалов на единицу продукции и их чистым (полезным) расходом, с учетом неизбежных потерь, обусловленных технологическим режимом данного производства, а также уровнем организации производственного процесса

$$N_{об} = N - Q - qa,$$

где N - норма расхода сырья, материалов, кг/т, т/т, т/м, т/м и т.д.; Q - чистый (полезный) расход сырья, материалов на единицу готовой продукции т, м; q — неизбежные потери при выпуске готовой продукции, м, м, шт. и т.д.; a - вид неизбежных потерь

Количество отходов производства, которое может быть использовано для получения новых видов продукции, равно:

$$N_{\text{отх}} = N_{\text{об}} V_p,$$

где V_p — объем продукции или сырья, при переработке которого образуются отходы, т; p — коэффициент, учитывающий долю отходов, пригодных для использования.

В Министерстве химической промышленности СССР разработана отраслевая методика определения объемов ВМР для планирования их использования в промышленности. Методика содержит: классификацию ВМР и способ их кодирования, порядок установления норм образования и расхода этих ресурсов; рекомендации по установлению цен, организации учета, отчетности, текущего планирования и использования отходов, а также по определению экономической эффективности использования вторичных ресурсов.

Введение научно обоснованных норм и увеличение сбора и использования промышленных отходов при одновременном материальном стимулировании предприятий позволит провести частичную замену первичного сырья, снизить себестоимость выпускаемой продукции, расширить сырьевую базу народного хозяйства, а также будет способствовать сохранению и рациональному использованию природных ресурсов и предотвращению загрязнения окружающей среды.

1.6. Учет и прогнозирование ПО и загрязнений

В Советском Союзе ведется учет лишь тех ПО, которые являются вторичными ресурсами. Осуществляется он по форме 14 СП Госкомстата СССР с 1981 г. :

14 СП -- (месячная) об использовании и поставке вторичного сырья;

14 СП -- (полугодовая) об образовании, использовании и поставке вторичного сырья;

14 СН (лес.) -- (полугодовая) об образовании и использовании древесных отходов и дров.

Учет отходов черных и цветных металлов ведется еженедельно и ежемесячно по формам 6 СН (лом). Учет нефтеотходов производится Госкомнефтепродуктом СССР, с 1989 г. эти сведения поступают в Госкомстат СССР. Госнаб СССР осуществляет контроль ПО, используемых в качестве вторичного сырья.

Учет не утилизируемых отходов промышленных предприятий в СССР в полном объеме не осуществляется. Он производится лишь периодически в ведомственном и региональном масштабах. Так, разработан кадастр технологических отходов химических производств стран-членов СЭВ (157 наименований), который предназначается специалистам плановых и хозяйственных органов в качестве справочного документа при решении вопросов обеспечения народного хозяйства материально-сырьевыми ресурсами, использования потенциальных возможностей отрасли для вовлечения вторичного сырья в промышленное производство, при составлении обоснований к проектам природоохранных мероприятий и создании мало- и безотходных технологий.

В Москве в разное время и различными организациями производился сбор информации по не утилизируемым токсичным отходам. Так, по инвентаризационным ведомостям (форма N 2), согласно постановлению Совета Министров СССР N 394, министерства и ведомства представили сведения по состоянию на 1984 г. Инвентаризация токсичных ПО в городе производилась также НПО "Радон", Институтом вторичных ресурсов и др., а в более полном масштабе НИИПИ Генерального плана Москвы.

Сбор информации по отходам и загрязнениям в промышленных центрах обычно проводится методом анкетного опроса предприятий. Для проведения указанного обследования разработаны формы отчетности, которые достаточно просты для заполнения и в то же время включают в себя необходимые параметры: количество, состав отходов (их физические и химические свойства и т.д.); состояние и направления утилизации и обезвреживания; показатели развития предприятия; ожидаемые темпы прироста или сокращения количества отходов по видам и способам утилизации ;стоимость единицы отходов; предложения предприятий по направлениям утилизации и обезвреживания отходов и ряд других положений и т.д.

Значительный опыт в области разработки анкет (бланков) единовременного учета ПО имеет НИИПИ Генплана Москвы.

В разработке первого бланка такого рода принимали участие ВИВР Госнаба СССР, МосводоканалНИИпроект, МГУ им. М.В. Ломоносова и другие организации. Этот бланк как форма статистической отчетности был утвержден Госкомстатом СССР. Анкетное обследование с некоторой корректировкой форм проводилось периодически и в других регионах страны. Недостатком такого вида учета являются затруднения с получением заполненных анкет. Опыт показал, что до 50 % предприятий не представляют своих сведений.

Установлено, что темпы роста промышленного производства пропорциональны объему производства, количество образующихся отходов в свою очередь пропорционально объему производства. Указанное положение выражается в виде:

$$\begin{aligned} I &= d\Pi / d\tau = \kappa_1 \Pi; \\ \Pi &= a_1 \exp(\kappa_1 \tau); \\ Y &= a_2 = a_3 \exp(\kappa_1 \tau), \end{aligned}$$

где Π — объем производства; I — темпы роста объема производства (скорость роста во времени); κ — коэффициент роста; Y — количество отходов; a_1, a_2, a_3 — коэффициенты.

Из формул следует, что количество образующихся отходов подчиняется экспоненциальному закону и при сохранении существующей технологии производства будет возрастать по такому же закону. Учитывая трудности со сбором данных, МосводоканалНИИпроектом была разработана методика определения количества образующихся нефтеотходов по годовому поступлению свежих нефтепродуктов. В этом случае возможно обойтись статистическими обследованиями не всех, а нескольких сотен предприятий для получения математической зависимости в системе "свежий нефтепродукт - нефтеотходы". Для определения количества нефтеотходов был разработан санитарно-технический паспорт отходов и осадков нефтепродуктов промышленных предприятий. Паспорт состоит из трех отделов:

I -- общая характеристика отходов и осадков нефтесодержащих сточных вод, подлежащих уничтожению или вторичному использованию;

II -- характеристика непосредственно не утилизируемых отходов и осадков, подлежащих термическому обезвреживанию;

III — характеристика нефтеотходов, подлежащих вторичному использованию.

Промышленные предприятия по производственному признаку были разделены на восемь групп: 1) стройматериалов; 2) черной и цветной металлургии; 3) легкой, пищевой и текстильной промышленности; 4) машиностроительные и механические; 5) нефтяной, нефтехимической и химической промышленности; 6) приборостроительной, радиотехнической и электронной промышленности; 7) автохозяйства и таксопарки; 8) опытно-промышленные предприятия, НИИ.

После обработки полученных данных методом наименьших квадратов получено уравнение для определения количества жидких нефтеотходов Y в зависимости от количества свежих нефтепродуктов:

$$Y = B_0 + 0,41X, \text{ т/г},$$

где X — количество свежих нефтепродуктов 2-й и 3-й групп (смазочные масла, растворители и промывочные жидкости); B_0 — свободный член, значение которого зависит от количества потребляемых нефтепродуктов.

Прогнозирование ожидаемого количества ПО и загрязнений необходимо для выбора оптимальных организационных, технологических и санитарно-гигиенических решений по обеспечению очистки от них городов и регионов страны.

При всем разнообразии методов прогнозирования их можно свести в три основные группы: методы экстраполяции, экспертного прогнозирования, моделирования процессов и явлений.

Наибольшее применение в практике прогнозирования имеют модели, полученные с помощью множественного регрессионного анализа:

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \dots a_n,$$

$$Y = a_0 x_1 a_1 x_2 x_2 a_2 \dots x_a,$$

где Y — значение функции; $X_1 \dots X$ — значение переменных; $a_0 \dots a$ — значение коэффициентов.

Для этих видов моделей разработан аппарат математической статистики, имеется также набор стандартных программ для всех типов ЭВМ, используемых в СССР. Однако, если модель точно описывает прошлое поведение, это еще не означает, что она столь же точно будет описывать будущее поведение, поэтому для повышения достоверности прогноза лучше использовать несколько разных методов. При этом достоинства одного метода могут компенсировать недостатки другого.

Для построения математической модели прогнозирования образования нефтеотходов целесообразно использовать данные по потреблению свежих нефтепродуктов в регионе за последние 15—20 лет.

Конкретный вид уравнения линейной регрессии

$$Y = 23,7 X - 1092,$$

где Y -- годовое потребление свежих нефтепродуктов в процентах к 1950 г.; X - год, выражаемый двумя последними цифрами.

Если формулу скомбинировать с данными по количеству жидких нефтеотходов, образовавшихся в городе за текущий (в то время 1975 г.), получим математическую модель для прогнозирования нефтеотходов

$$\Sigma = 9500 X - 437800,$$

где Σ -- количество нефтеотходов, образовавшихся в год, т.

По этой формуле были проведены расчеты по определению количества жидких нефтеотходов, образующихся в Москве до 1990 г. включительно. В основу прогноза всех групп ПО, проведенного НИИПИ Генплана Москвы, были положены данные анализа развития промышленности города (рост валовой продукции), на основании которых определялись ПО через их удельное количество на единицу валовой продукции в базисном году. Подготовительным этапом при составлении прогноза в данном случае является сбор данных о валовом выпуске продукции в динамике (1965—1979 гг.) по обследуемым предприятиям, суммарные данные, по которым формировали динамический ряд, а также изменения валового выпуска продукции по министерствам и ведомствам.

Расчет валового выпуска продукции по министерствам на перспективу проводился путем выравнивания динамических рядов с учетом коэффициентов изменений (по объему фактического производства базисного 1979 г.), скорректированных в соответствии с установившимися тенденциями развития, ожидающимися в течение следующих 10—20 лет.

Определив удельное количество ПО, приходящееся на единицу валовой продукции в базисном году по каждому министерству и каждой из II групп отходов и, исходя из предпосылки, что количество ПО каждого министерства будет изменяться пропорционально изменению валового выпуска продукции, были определены прогнозные показатели количества промтоваров на перспективу

$$Q_n = q_n P_t,$$

где Q_n - количество ПО на перспективу по n -и группы, т/сут; q_n --удельное количество ПО n -и группы, приходящееся на единицу валовой продукции в базисном году, т/сут на млн. руб; P_t - объем валовой продукции на перспективу, млн. руб.

После проведения расчетов по каждой группе ПО были определены коэффициенты роста выпуска продукции отдельно по каждому предприятию, имеющему ПО.

На основании полученных коэффициентов роста было определено количество ПО на перспективу по каждому предприятию до 1990 г. включительно. Затем были получены данные о количестве ПО на перспективу по каждой группе и их распределение по административным районам города.

В приведенном примере прогноза спорным является предположение о пропорциональности изменения количества отходов изменению валового выпуска продукции отрасли. Это справедливо в рамках существующей технологии, но с переходом на новую, в частности безотходную или малоотходную технологию, пропорциональность нарушается. Если производство не растет более по линейному закону, то рост количества отходов, очевидно, происходит по зависимости, близкой к экспоненциальной.

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года говорится о необходимости повысить эффективность мер по охране природы, шире внедрять малоотходные и безотходные технологические процессы, развивать комбинированные производства, обеспечивающие полное и комплексное использование природных ресурсов, сырья и материалов, исключаяющие или существенно снижающие вредное воздействие на окружающую среду.

Для народного хозяйства в целом большое значение имеют прогнозные оценки экономических последствий от загрязнения окружающей среды. Госкомитет СССР по науке и технике, АН СССР и Госстрой СССР разработали комплексную программу научно-технического прогресса на 20 лет. Прогноз поступления загрязняющих веществ в природную среду является одной из существенных частей раздела "Охрана природы" указанной программы.

Целью разработки прогноза было обеспечение плановых органов информацией о возможных изменениях в состоянии различных объектов окружающей среды в СССР под влиянием хозяйственной деятельности и оптимальном природопользовании в интересах долговременного социально-экономического развития страны.

К выполнению отдельных разделов прогноза были привлечены отраслевые институты и межотраслевые лаборатории.

Прогноз образования и использования отходов и их поступление в природную среду на период до 2005 г. составлен на основании данных государственной статистической отчетности N 14 СН (2ВР) единовременного учета образования и использования твердых отходов, а также отчетов по проблеме ГКНТ 0.85.08 "Создать и освоить новые технологические процессы, обеспечивающие максимальное использование и обезвреживание промышленных и бытовых отходов".

При составлении прогноза использовались данные об ожидаемом развитии отдельной отрасли (концепции и схемы развития до 2000 г.) и основных направлений экономического и социального развития на 1986-1990 гг. и предложений до 2000 г. с учетом достижения научно-технического прогресса, включающего строительство новых и реконструкцию действующих промышленных объектов, изменение технологий и исходного сырья. При отсутствии плановых показателей утилизации вторичного сырья использовался метод экстраполяции и экспертных оценок.

В настоящее время необходимые данные на перспективу, конечно, не могут быть представлены для всех видов отходов. Это в первую очередь связано с тем, что ряд перспективных методов использования отходов разрабатывается или проходит испытания. Только после этого могут быть установлены объемы использования отходов и размеры капитальных вложений на будущее.

Для решения природоохранных проблем сформированы две общесоюзные программы: "Охрана природы" и "Переработка отходов производства и потребления", которые включают научно-технические разделы — "Защита атмосферы", "Охрана водных ресурсов", "Система очистки сточных вод" и др. Перечень программ утвержден ГКНТ СССР, Госпланом СССР, АН СССР и Госстроем СССР.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ПО И ЗАГРЯЗНЕНИЙ

2.1. Сжигание.....	30
2.2. Сжигание твердых отходов.....	30
2.3. Сжигание жидких отходов.....	36
2.1. Сравнительные характеристики барботажного и турбоаботажного сжигания жидких нефтеотходов.....	45
2.4. Пиролиз и газификация отходов.....	46
2.5. Сушка.....	50
2.6. Термические методы обезвреживания минерализованных стоков.....	54
2.7. Термические методы кондиционирования осадков сточных вод.....	56
2.8. Термическое обезвреживание газообразных выбросов.....	58
2.9. Механическая обработка твердых отходов.....	59
2.10. Механическое обезвреживание осадков промышленных сточных вод.....	65
2.11. Реагентная обработка.....	76
2.12. Методы улавливания пыли и газов.....	78

2.1. Сжигание

Сжигание -- наиболее распространенный способ термического обезвреживания ПО. Сжигание осуществляется в печах и топках различных конструкций.

Промышленные печи — это технологические или энерготехнологические агрегаты, в которых тепло сожженного твердого, жидкого или газообразного топлива или нагрев, производимый электрическим током, используются для технологических либо отопительных целей. Топка представляет собой устройство для сжигания топлива в печах и паровых котлах в является одним из элементов печи. Поскольку сжигание отходов не всегда сопровождается утилизацией тепла, следует различать термины "печь" и "топка". Например, барабанная установка или установка с кипящим слоем автотермического сгорания отходов с последующей утилизацией тепла в строгом смысле являются топками. Однако в них может осуществляться технологический процесс обезвреживания негорючих и токсичных отходов и тогда, в смысле воздействия на материал, они являются печами.

В основу классификации топочных устройств для сжигания отходов положены признаки аэродинамического характера как наиболее важные, так как ими определяется подвод окислителя к реагирующей поверхности, что в наибольшей мере влияет на удельную теплопроизводительность и экономичность топочного процесса. В этой связи различают топки слоевые — для сжигания кускового топлива, например неизмельченных твердых бытовых отходов (ТБО), и камерные --для сжигания газообразных и жидких отходов, а также твердых отходов в пылевидном (или мелкодробленом) состоянии. Комбинированный способ сжигания реализуется в факельно-слоевых топках. Особое место в этой классификации занимают барботажные и турбобарботажные топки для сжигания жидких отходов. Барботажные устройства иногда по традиции называют горелками.

Слоевые топки подразделяют на топки с плотным и кипящим слоем, камерные — на факельные прямоточные и циклонные (вихревые). Слоевые топки с плотным слоем, чаще их называют просто "слоевыми топками", могут быть с колосниковой решеткой либо без нее (подовые, барабанные, многоподовые и пр.).

2.2. Сжигание твердых отходов

Сжигание твердых и пастообразных отходов может осуществляться во всех перечисленных выше типах печей, за исключением барботажных и турбобарботажных. Наиболее широкое применение получили факельно-слоевые топки. Топки для слоевого сжигания, которые более других используются для сжигания твердых отходов (прежде всего ТБО и их смеси с производственным мусором), классифицированы по ряду признаков: способам подачи и воспламенения отходов, удаления шлака и т.д. По режиму подачи отходов в слой различают топочные устройства с периодической и непрерывной загрузкой. По организации тепловой подготовки и воспламенения отходов в слое различают топки с нижним, верхним и смешанным (неограниченным) воспламенением. По способу подвода к слою топлива (отходов) существуют следующие схемы, отличающиеся сочетанием направлений газовойоздушного и топливно-шлакового потоков: встречные (противоток), параллельные (прямоток), поперечные (перекрестный ток) и смешанные.

Многочисленные исследования горящего слоя топлива (методами зонометрии, надслойного газового анализа, газообразования в слое, распределения температур в слое) позволили условно разделить весь процесс в нем на три основных периода: подготовка топлива (отходов) к горению, собственно горение (окислительная и восстановительная зоны), до-жигание горючих и очаговых остатков. Некоторые авторы в периоде подготовки выделяют зону сушки и зону выхода летучих.

В зоне подготовки отходы прогреваются, из них удаляется влага и выделяются летучие вещества, образовавшиеся в результате нагрева отходов. В кислородной зоне происходит сгорание углерода кокса с образованием диоксида и частично оксида углерода, в результате чего выделяется основное количество тепла в слое. В конце кислородной зоны наблюдается максимальная концентрация CO_2 и температура слоя.

Непосредственно к кислородной зоне примыкает восстановительная зона, в которой происходит восстановление диоксида углерода, оксида углерода с потреблением известного количества тепла. Заканчивается процесс горения выжиганием озоленного кокса. Тепловая работа слоя топлива и топочного объема подробно описаны в специальной литературе.

Слоевые топки получили широкое применение для сжигания твердых бытовых и близких к ним по морфологическому составу ПО.

Требуемые обработка и скорость движения слоя во всех зонах горения наиболее просто достигаются при использовании механических ступенчатых колосниковых, а также цепных решеток. В большинстве конструкций шуровка и передвижение мусора происходят за счет движения ступеней наклонной решетки.

Подвижные ряды колосников каждой ступени наклонно-переталкивающей решетки (рис. 4) совершают одновременные возвратно-поступательные движения в направлении перемещения мусора. Частота движения, а также длина возвратно-поступательного движения колосников регулируются индивидуально для каждой ступени.

Наклонно-переталкивающие решетки для мусора выпускаются фирмами "Фон Ролл" (Швейцария), "Волунд" (Дания), "Штейнмюллер и Клаудис Петере" (ФРГ).

Обратно-переталкивающая и каскадная решетки относятся к группе переталкивающих с глубокой шуровкой слоя. Эти типы решеток имеют различное конструктивное оформление. Обратнопереталкивающая решетка (система Мартин, рис. 4, б) набрана из чередующихся поперечных рядов подвижных и неподвижных колосников, причем подвижные ряды колосников совершают возвратно-поступательные движения навстречу спускающемуся слою. Решетка выполнена с наклоном в сторону перемещения слоя.

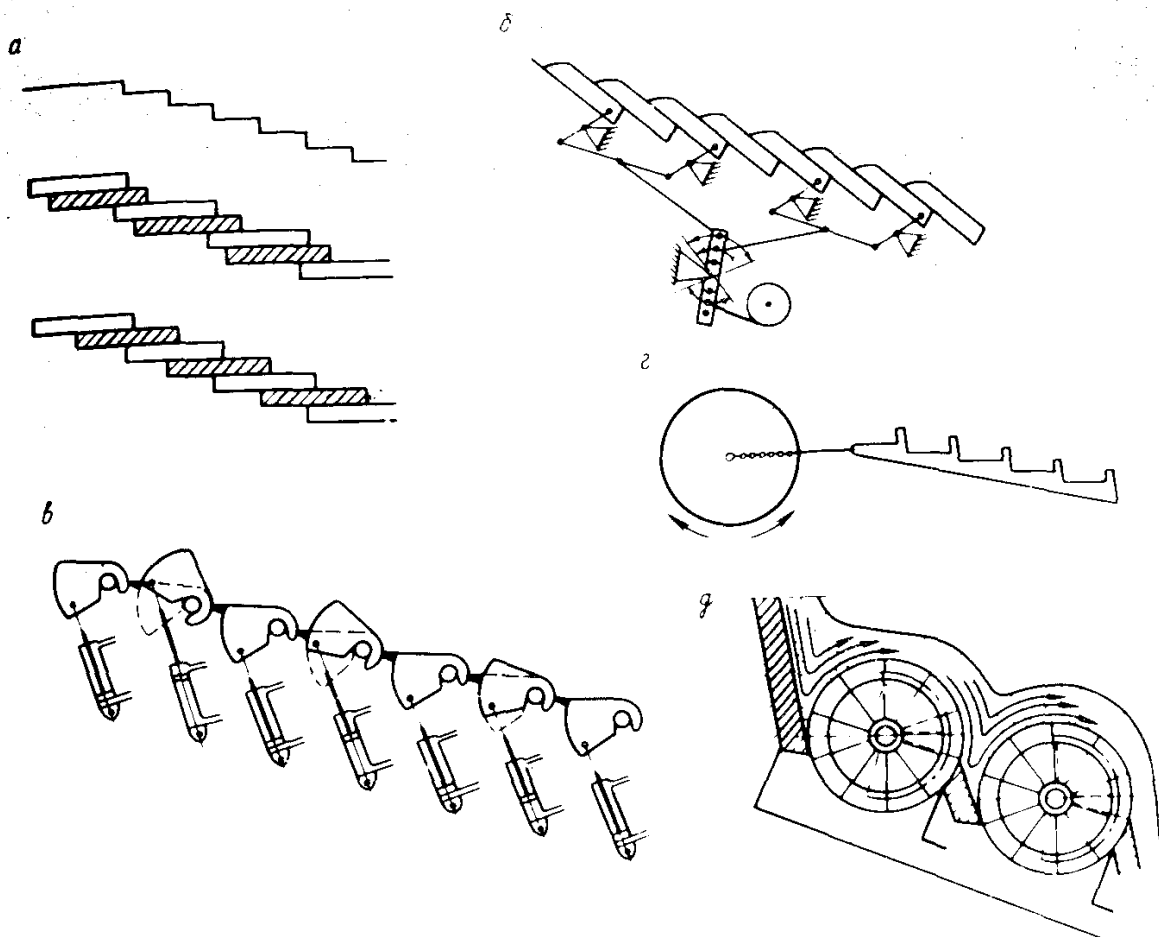


Рис. 4. Схема наклонных колосниковых решеток

а - наклонно-переталкивающая; б - обратно переталкивающая; в - опрокидывающая; г - желобная; д - валковая

Каскадные решетки выполняются горизонтальными либо с небольшим наклоном в сторону перемещения отходов, или в противоположную сторону (решетки с обратным наклоном). Перемещение отходов вдоль колосникового полотна осуществляется за счет возвратно-поступательного движения колосников, расположенных под острым углом к направлению перемещения слоя.

Рабочее полотно секторных решеток фирмы "Эсслинген" ФРГ (рис. 4, в) составлено из подвижных колосников в форме сектора. Колосники набраны в ряды-секции. Попеременное поворотное движение отдельных колосников вокруг опорной оси, проходящей через вершины секторных колосников, обеспечивает продвижение отходов вдоль решетки.

В желобной решетке (рис. 4, з), выпускаемой фирмой "Плибрико" (ФРГ), регулируются только число и длина ходов. Все решетки, кроме ступенчатой опрокидывающей с гидравлическим приводом, имеют механические приводы.

Шуровка и продвижение слоя осуществляются как движением частей колосниковой решетки, так и разделением всего полотна решетки на части, расположенные уступом, в местах перехода зоны подготовки к сжиганию в зону сжигания, и зоны сжигания в зону дожигания. Такое разделение обеспечивает интенсивное перемешивание мусора, но вызывает повышенный унос золы. Первую часть расчлененной решетки называют подсушивающей, вторую — главной, третью -- дожигательной. На рис.4,д показана схема наиболее распространенной валковой колосниковой решетки системы "Дюссельдорф" (ФРГ).

Дожигание может осуществляться на ступенчатой колосниковой решетке модификации печи "Фон Ролл", в дожига-тельном барабане (печи "Волунд") или в шлаковом генераторе (печи "Фон Ролл"), Схема мусоросжигательного завода со ступенчатой колосниковой решеткой показана на рис. 5.

Подлежащие сжиганию отходы специализированным автотранспортом привозят на завод и разгружают в приемный бункер 1, откуда грейфером 2 подают в загрузочный бункер 3 камерной печи 6. Печь оборудована ступенчато расположенными подвижными колосниками 4, под которые воздуходувкой 5 подается воздух, необходимый для процесса горения. Жидкие горючие отходы могут впрыскиваться в печь форсункой 7. Дымовые газы отдают тепло в котле 8, очищаются в электрофильтре 10 и при помощи дымососа 11 выбрасываются в атмосферу через трубу 12.

Шлак, перемещающийся с колосниковой решетки, охлаждается водой и направляется на складирование транспортирующим устройством 9. Тепло, выработанное в котле, может использоваться непосредственно в виде пара или расходоваться на производство электроэнергии.

Многоподовые печи (рис. 6) получили широкое распространение в странах Западной Европы и США для сжигания отходов, в первую очередь, осадков городских сточных вод. Печь состоит из цилиндрического стального корпуса 1, футерованного огнеупором, с поэтажно расположенными подами 2. По оси печи располагается охлаждаемый воздухом полый вал 3 с гребковыми лопастями 4. Вал приводится во вращение от расположенного внизу электропривода 5 и передаточного механизма 6. Гребковые лопасти, так же как и вал, выполняются пустотелыми. Через них в процессе работы подается воздух для охлаждения металлических поверхностей. Влажный продукт перемещается гребковыми лопастями сверху вниз от пода к поду навстречу дымовым газам. За счет тепла идущих в противотоке дымовых газов происходит подсушивание отходов, а затем их воспламенение, для чего дополнительно используют горючий газ. Зола, выходящая из патрубка 8, обычно гасится водой, которая затем направляется в отвал.

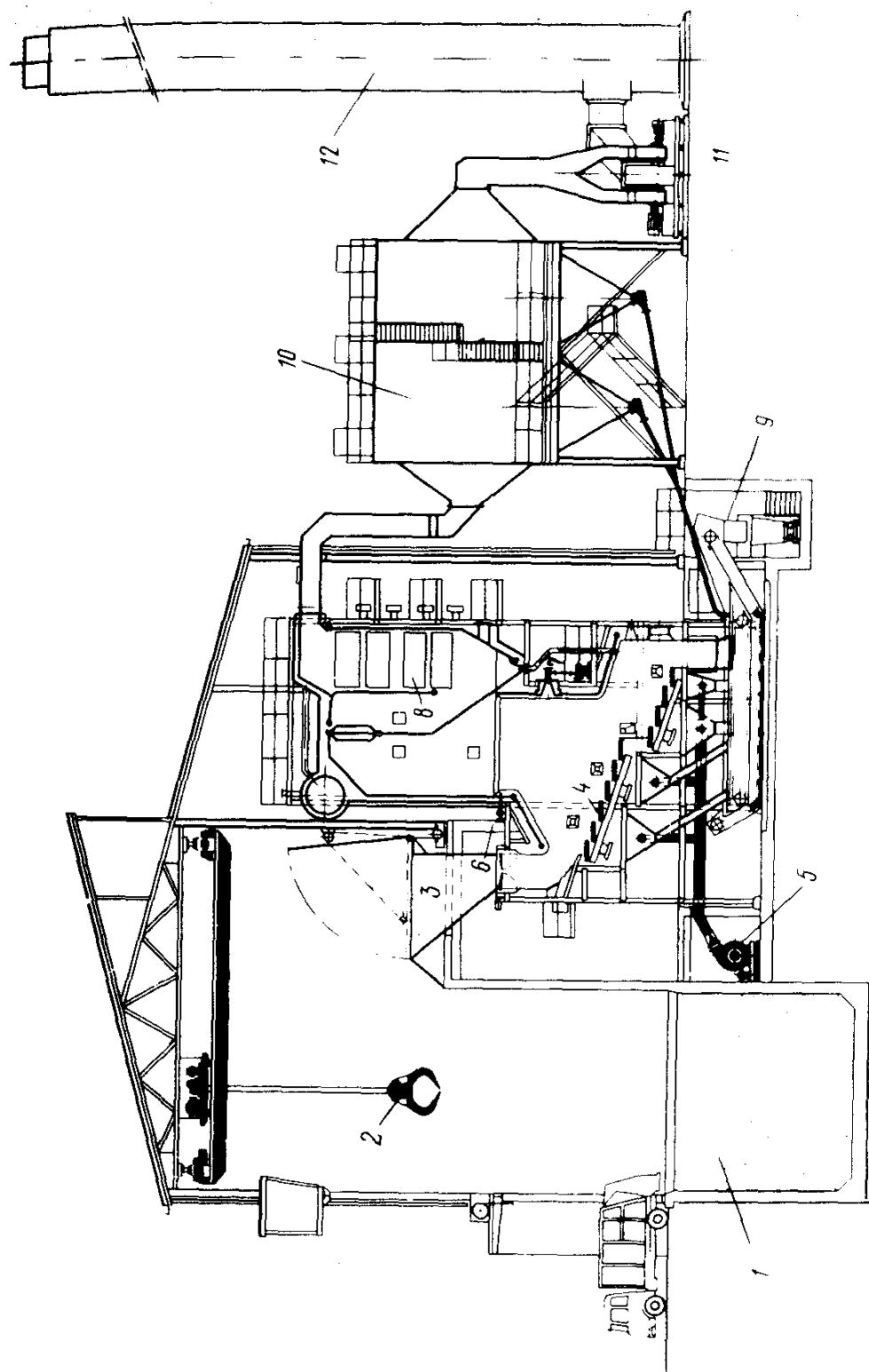


Рис. 5. Схема мусоросжигательного завода

1 - приемный бункер; 2 - грейфер; 3 - загрузочный бункер; 4 - колосники; 5 - воздухоподушка; 6 - камерная печь; 7 - форсунка; 8 - паровой котел; 9 - транспортирующее устройство; 10 - электрофильтр; 11 - дымосос; 12 - труба

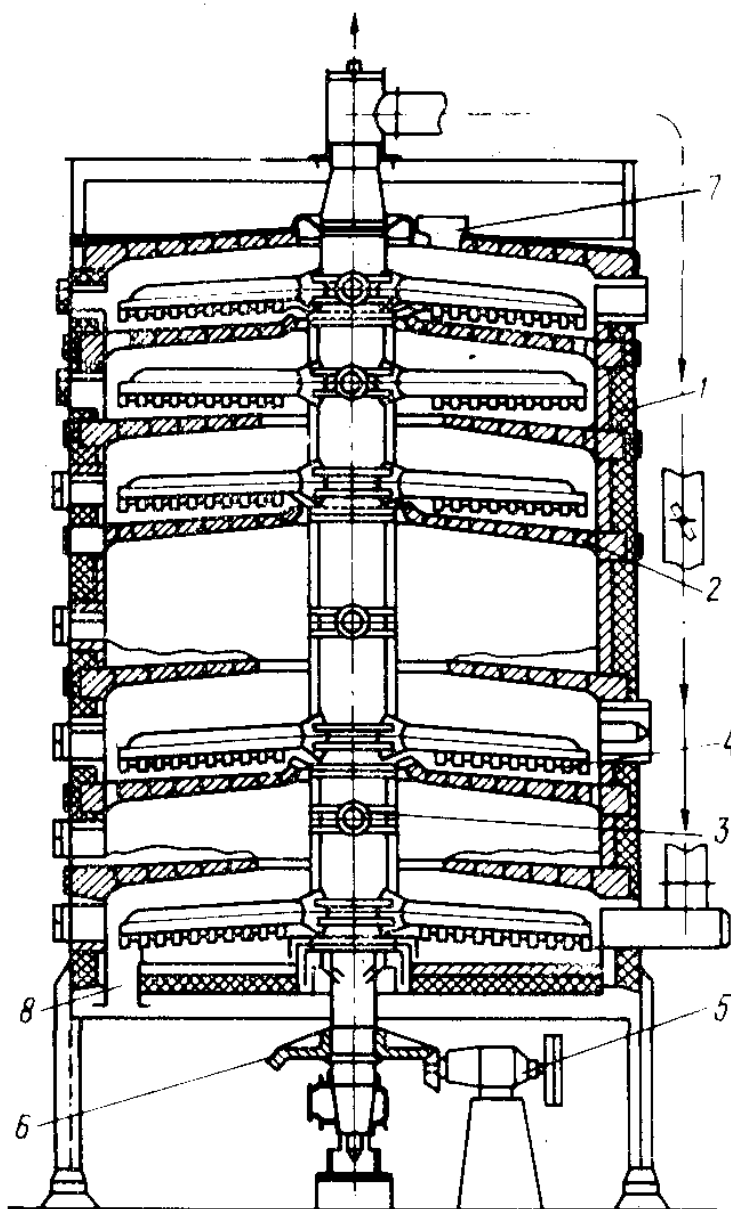


Рис. 6. Поперечное сечение многоподовой печи 1 - корпус; 2 - под; 3 - воздухоохлаждаемый полый вал; 4 - гребковые лопасти; 5 - электропривод; 6 - передаточный механизм; 7 - люк; 8 - патрубок

Производительность печей по твердому осадку 9— 300 т/сут. Печи подобных конструкций эксплуатируются в США с 1937 г. Затраты на сжигание 1 т твердых отходов 34 руб.

Барабанные печи -- основной вид теплоэнергетического оборудования, которое применяется для централизованного сжигания твердых и пастообразных ПО. Этими печами оснащены практически все станции обезвреживания ПО, построенные в странах Западной Европы за последние годы. Основным узлом барабанной печи (рис. 7) является горизонтальный цилиндрический корпус 1, покрытый огнеупорной футеровкой 2 и опирающийся бандажами 6 на ролики 7. Барабан наклонен под небольшим углом в сторону выгрузки шлака и в процессе работы вращается со скоростью 0,8—2 мин⁻¹, получая движение от привода 10 через зубчатый венец 9. Во избежание продольного смещения барабана предусмотрены ролики 8.

Твердые и пастообразные отходы подаются в корпус печи с ее торца в направлении стрелок А. В случае необходимости дополнительное топливо или жидкие горючие отходы (растворители) распыливаются через форсунку (стрелка Д), повышая температуру внутри печи. В зоне 12 поступивший материал, перемешиваясь при вращении печи, подсушивается, частично газифицируется и перемещается в зону горения 13. Излучение от пламени в этой зоне раскаляет футеровку печи и способствует выгоранию органической части отходов и подсушке вновь поступившего материала. Образовавшийся в зоне 24 шлак перемещается к противоположному торцу печи в направлении стрелки В, где падает в устройство для мокрого или сухого гашения золы и шлака.

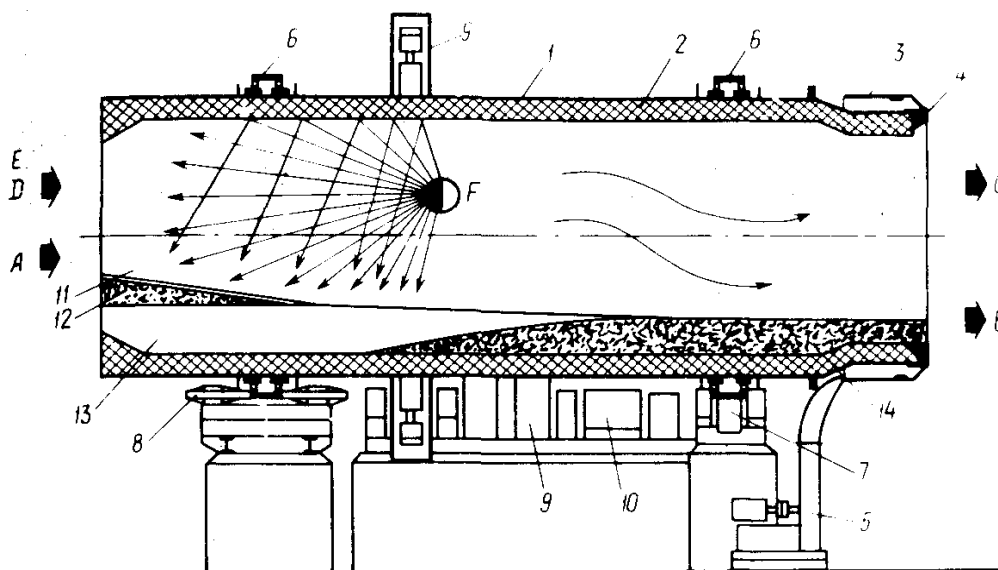


Рис. 7. Схема барабанной печи А - загрузка отходов; С - дымовые газы; В - выгрузка золы (шлака); Д - дополнительное топливо; Е - воздух; Г - тепловое излучение; 1 - корпус барабанной печи; 2 - футеровка; 3 - разгрузочный торец; 4 - присоединительные сегменты; 5 - вентилятор; 6 - бандаж; 7 - ролики опорные; 8 - ролики боковые; 9 - зубчатый венец; 10 - привод; 11 - зона испарения воды; 12 - отходы; 13 -- зона горения; 14 - зола (шлак)

Газы, покидающие печь, могут содержать несгоревшие примеси, поэтому обычно после барабанной печи в схеме установки (рис. 8) предусматривается камера дожигания. Для очистки отходящих газов предусматриваются скрубберы или электрофилтры.

Печи с псевдоожиженным (кипящим) слоем. Применение кипящего слоя при газификации топлива в черной и цветной металлургии, химической, строительной и других отраслях промышленности позволило резко интенсифицировать ряд технологических процессов. Этот метод получил широкое распространение и для термического обезвреживания ПО, особенно в Японии, Франции, ФРГ и США.

В печах с кипящим слоем продукт переходит во взвешенное состояние в камере сгорания потоком воздуха, проходящим через слой сыпучего (порошкообразного или дробленого) материала, не перемещаясь по направлению этого потока.

Скорость газового потока должна быть достаточной для того, чтобы частицы находились во взвешенном состоянии и вихревом турбулентном движении, напоминающем поток кипящей жидкости.

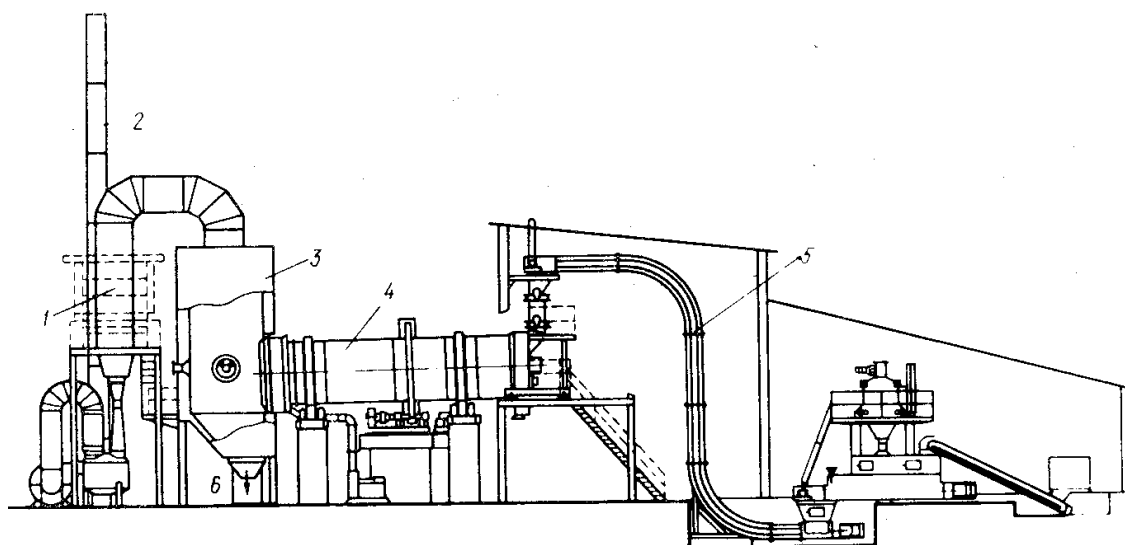


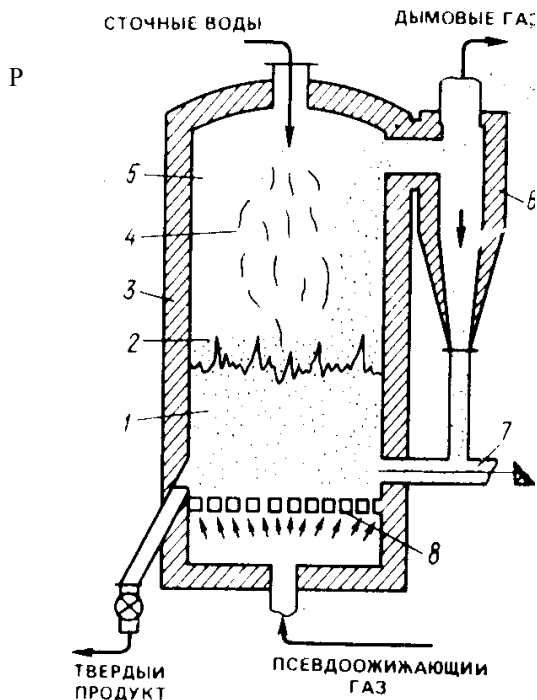
Рис. 8. Установка с барабанной печью
1 - очистка газов; 2 - труба; 3 - камера дожигания; 4 - барабан; 5 - подача

отходов; 6 - шлак

В нагретом кипящем слое происходит интенсивный теплообмен между частицами и газом. Теплопередача в кипящем слое в 4 раза выше, чем в неподвижном.

На рис. 9 показана принципиальная схема печи с кипящим слоем. Вертикальный корпус печи 3, футерованный огнеупорным кирпичом, имеет внизу газораспределительную решетку 8 провального или беспровального типа. В процессе работы печи под решетку подается псевдоожижающий газ, обычно воздух. Воздух приводит во взвешенное состояние зернистую загрузку, которая распределяется на плотную фазу слоя 1 и разбавленную фазу 2.

Сверху на загрузку через форсунки или дозаторы подаются отходы. Горение осуществляется в камере 5. Вода, попадающая в кипящий слой, почти мгновенно испаряется. Турбулизованная раскаленная поверхность кипящего слоя с движущимися во всех направлениях твердыми частицами не дает образовываться крупным сферическим каплям, мгновенно разрушает их до мельчайших капель, что значительно увеличивает суммарную поверхность испарения. Наличие крупных частиц или слипшихся агломератов шлама создает условия для частичного горения отходов, например нефтеотходов внутри слоя, так как они тонут в слое. Среднее время существования крупных частиц составляет около 30 мин. Дымовые газы, содержащие минеральные механические примеси, очищаются в циклоне 6. Выгрузка пыли производится шнеком 7.



ис. 9. Схема работы печи с псевдоожиженным слоем 1 - плотная фаза ожиженного слоя; 2 - разбавленная фаза ожиженного слоя; 3 - печь; 4 - распыленный загруженный материал, 5 - камера; 6 - циклонный сепаратор; 7 - труба для возврата материалов, 8 - газораспределительная решетка

Печи кипящего слоя менее универсальны, чем барабанные и многоподовые и требуют особых условий работы. Кроме того, эксплуатация печей с кипящим слоем на нефтеперерабатывающих предприятиях привела к отрицательным результатам. Главный недостаток состоял в том, что предварительно подогретый до 600°C слой песка периодически остывал до 400–450°C. При такой температуре в слое песка горение прекращалось, шли процессы крекинга и коксования, т.е. газификация шлама, что приводило к образованию коксовых агломератов и закупориванию кипящего слоя. В то же время при правильном выборе объекта обезвреживания и соблюдении технологических режимов печи кипящего слоя работают надежно и эффективно.

2.3. Сжигание жидких отходов

Жидкие отходы химической промышленности, нефтесодержащие сточные воды, растворители и пр. могут сжигаться двумя способами — в распыленном состоянии и над слоем (последнее преимущественно для жидких горючих отходов).

При форсуночных способах топливо сжигается в топках печей в распыленном состоянии в виде мельчайших капелек, которые хорошо перемешиваются с воздухом и сгорают на лету. Чем лучше частицы топлива рассредоточены и перемешаны с воздухом, тем совершеннее процесс горения. Для распыливания топлива в основном применяются форсунки паровые, воздушные и механические. Наиболее распространенные их типы работают по принципу общеизвестных форсунок системы Шухова. На рис. 10 приведен общий вид форсунки фирмы "Басф" (ФРГ) для распыливания жидких отходов.

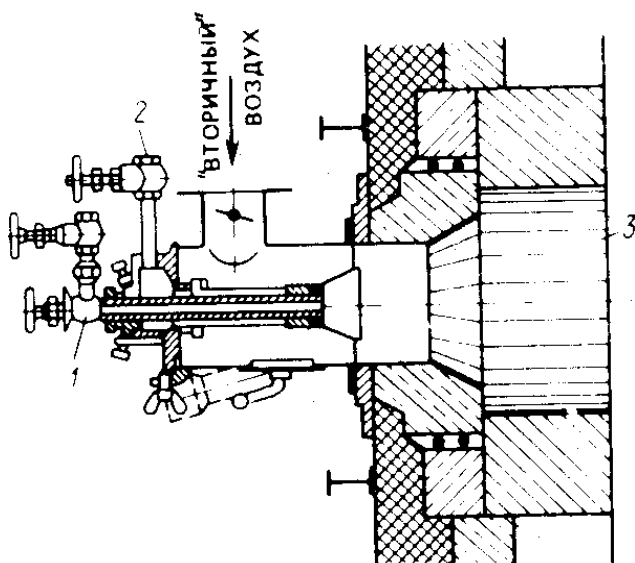


Рис. 10. Общий вид установки форсунки для распыливания жидких отходов в печах фирмы "Басф"

1 - вентиль на линии подачи раствора; 2 - вентиль на линии первичного воздуха; 3 - стенка печи

Жидкие промышленные отходы подаются по оси установки через вентиль 1 и распыляются первичным сжатым воздухом, поступающим из вентилей 2. В факел горения по направлению стрелки подается сжатый воздух.

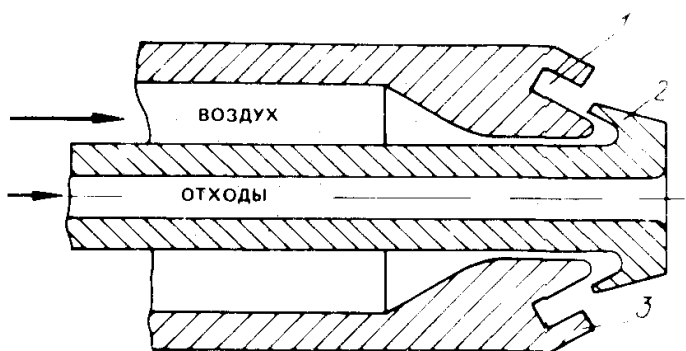
Сжигание нефтеотходов и других жидких горючих отходов в печах с форсуночным распыливанием топлива обычно ограничивается из-за возможности засорения форсунок

инородными механическими включениями, срывом горения из-за попадания воды и т.д. Однако существуют форсуночные устройства, не чувствительные к таким помехам.

Фирма "Думаг" (Австрия) разработала ультразвуковые форсунки типа GS и GOS специально для сжигания низкокачественных жидких отходов типа нефтешламов в специальных стационарных и транспортабельных установках.

Форсунка GS (рис. 11) монтируется на специальной трубке, к которой подводятся два вводных шланга, один из которых служит для сжигания отходов, а другой — для подачи газа (воздуха) с целью создания пульсирующей смеси. Форсунка сконструирована по типу генератора Хартмана, причем сжатый воздух или пар (макс. $t=180^{\circ}\text{C}$) вводится в резонансную камеру со сверхкритической скоростью через встроенный внешний отражатель 3. При этом возникает сверхзвуковое поле, которое с помощью параболического зеркала 2 направляется на выходящую струю. С помощью высокой энергии в зависимости от первоначального пара или воздуха колебания достигают 18000--23000 Гц. Эти колебания расщепляют поступающие отходы, в результате чего достигается средний спектр размера капель 20-180 мкм (при исходном давлении газа 1,3-3 бара). Так как вокруг каждой капли образуется воздушная оболочка, бездымное сжигание возможно даже при трудносжигаемых отходах.

В СССР разработкой ультразвуковых горелок для жидкого топлива занимается МосгазНИИпроект. В ряде случаев для сжигания нефтесодержащих шламов применяют ротационные форсунки и горелки с вращающимся распыливающим органом.



Принципиальная схема ультразвуковой форсунки

1 - резонансная камера; 2 - параболическое зеркало; 3 - отражатель

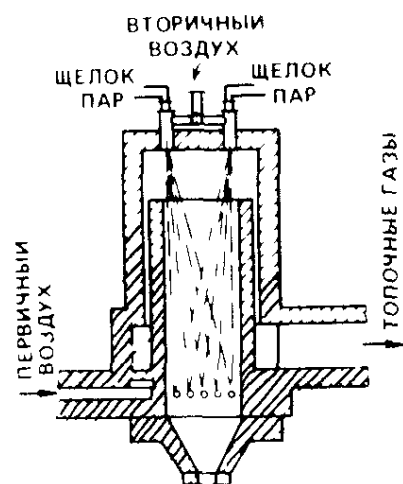
Рис. 11.

Такие горелки не чувствительны к вязкости горючего и засорению твердыми частицами. Тонину распыливания можно изменять, меняя скорость и количество первичного и вторичного воздуха. Эта горелка имеет преимущество перед другими при сжигании нефтеотходов благодаря простоте конструкции. На

распыливание шлама обычными форсунками низкого давления затрачивается воздуха в 3--4 раза больше, чем требуется для его сжигания. Это ведет к значительному увеличению объема продуктов горения, снижению производительности и эффективности установки. Поэтому, с точки зрения эффективности сжигания шлама, предпочтение следует отдать форсункам с механическим! перемешиванием при минимальной затрате или без затраты воздуха на распыливание.

Термическое обезвреживание жидких, твердых, газообразных, а также комбинированных смесей промышленных отходов может осуществляться их форсуночным распыливанием в топочном объеме камерных топок.

На рис. 12 показана схема топки Лурги для сжигания упаренного сульфитного щелока. Распыляемый при помощи сопел щелок подсушивается и сгорает в противотоке дымовых газов. Отходящие газы обогревают паровой котел. Так как щелок плохо воспламеняется, в топку вводят угольную пыль. На рис. 13



показана схема топки Лурги для сжигания щелока с угольной пылью. В топочной камере 8 устроен экран 5, включенный в циркуляционную схему котла. В пространство 6, образованное стенками топочной камеры и экраном, через форсуночный распылитель 10 при помощи перегретого пара впрыскивается щелок. Навстречу струе щелока через сопла 3 подается первичный воздух, необходимый для процесса горения. Зажигание щелока осуществляется при помощи горелки 2. Температура топочного пространства в точке 4 составляет 1600-1700°С. в точке 7 - 1100-1200°С.

Рис. 12. Схема топки Лурги для сжигания упаренного сульфитного щелока (типа В-2, ЗГ-1Д)

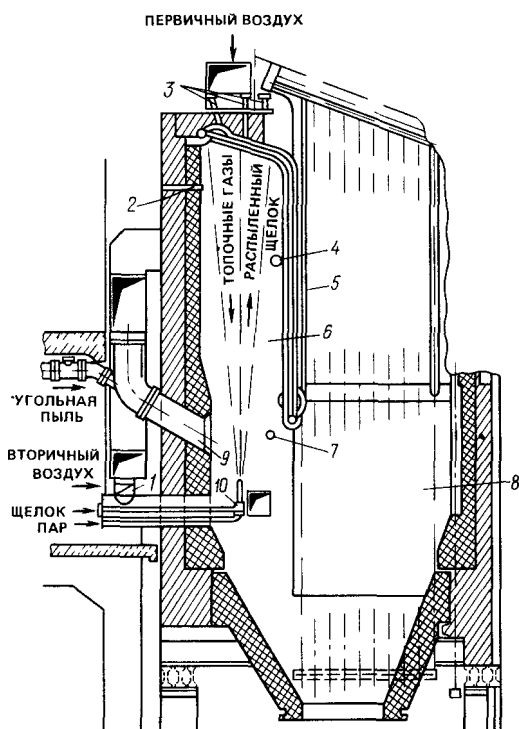


Рис. 13. Топка Лурги для сжигания упаренного сульфитного щелока с угольной пылью (типа В-2, ЗГ-1Д)

1 - дроссельный клапан для подачи вторичного воздуха; 2 - горелка; 3 - сопла для подачи первичного воздуха; 4 и 7 - места замера температур; 5 - трубки экрана; 6 - часть топочной камеры у экрана; 8 - нижняя часть топочной камеры котла; 9 - горелка для пыли; 10 - распылитель щелока

Вторичный воздух подается в печь через дроссельный клапан 1. Подача угольной пыли осуществляется через горелку 9, расположенную между форсунками для щелока. Расход электроэнергии при сжигании 1 т щелока составляет 1,2 кВт/ч, расход пара -- 50-100 кг/ч.

Для термического обезвреживания жидких, а также газообразных и измельченных твердых ПО в топочном объеме широко применяются циклонные варианты камерных топок и печей. Наибольшее распространение они получили для обезвреживания жидких концентрированных стоков в химической и примыкающих к ней отраслях промышленности.

Преимущества циклонных топок или реакторов по сравнению с другими видами камерных топок обуславливаются, главным образом, их аэродинамическими особенностями (вихревой структурой газового потока), обеспечивающими высокую интенсивность и устойчивость процесса сжигания топлива с весьма малыми топочными потерями при минимальных избытках воздуха. При этом возникают наиболее благоприятные условия тепло- и массообмена между газовой средой и каплями сточной воды вследствие больших относительных скоростей и высокой интенсивности турбулентности. Это позволяет создать

малогабаритные устройства, работающие с высокими нагрузками, в десятки раз превышающими нагрузки печей других вариантов.

Типичным примером циклонной топки является установка для обезвреживания сточных вод (сульфитных щелоков целлюлозно-бумажной промышленности) в г. Лоддби (Швеция). Установка состоит из вентилятора 1 и циклонной печи 2 (рис. 14). В отличие от прямоточных конструкций подводящий канал вентилятора установлен здесь тангенциально к образующей цилиндрической камеры печи. Выходящий из вентилятора воздух приобретает вращательное движение и перемещается вдоль цилиндра по спирали. В торце камеры предусмотрена паровая форсунка, через которую под давлением около 0,7 МПа распыляется щелок. При выходе из форсунки щелок смешивается с движущимся по спирали воздухом. Капли щелока высыхают и воспламеняются. Несгоревшие частицы за счет центробежной силы отбрасываются к стенкам топki в зону наибольшей концентрации кислорода и там догорают.

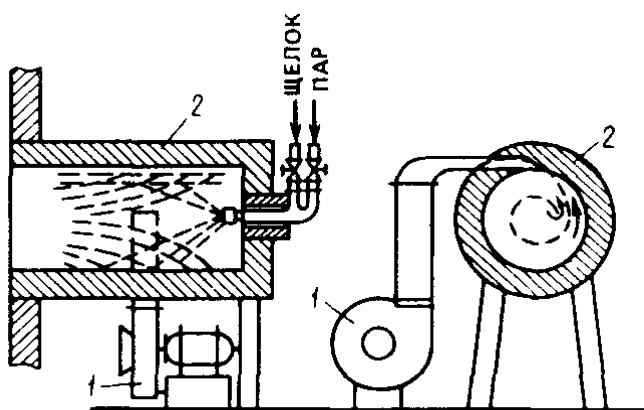


Рис. 14. Схема циклонной топki Лоддби
1 - вентилятор; 2 - циклонная печь

Увеличение турбулентности в камере сгорания является эффективным средством для улучшения подвода окислителя при большой концентрации распыленных частиц и малых коэффициентах избытка воздуха.

Воздух, подаваемый на горение, предварительно не подогревается.

Вследствие этого температура у стенок печи, футерованных глиноземистым кирпичом (60 % Al_2O_3 и 40 % SiO_2), ниже температуры пламени. Зола удаляется в твердом состоянии один раз в смену. Объем печи производительностью 6,3 т/ч упаренного щелока составляет 4,15 м³, длина печи 3,75 м, диаметр 1,2 м.

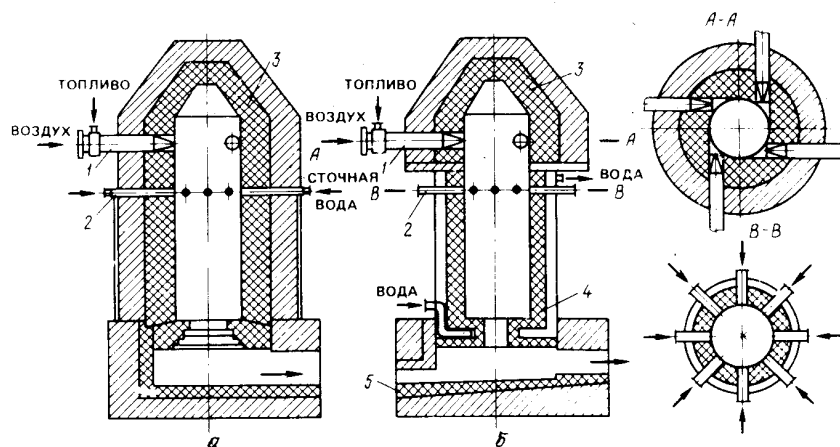


Рис. 15. Вертикальные циклонные камеры для огневого обезвреживания сточных вод
а - с кирпичной футеровкой;
б - с гарнисажной футеровкой; 1 - горелки предварительного смешения; 2 - центробежные механические форсунки; 3 - кирпичная головка; 4 - водоохлаждаемый корпус; 5 - летка для выпуска расплава минеральных солей]

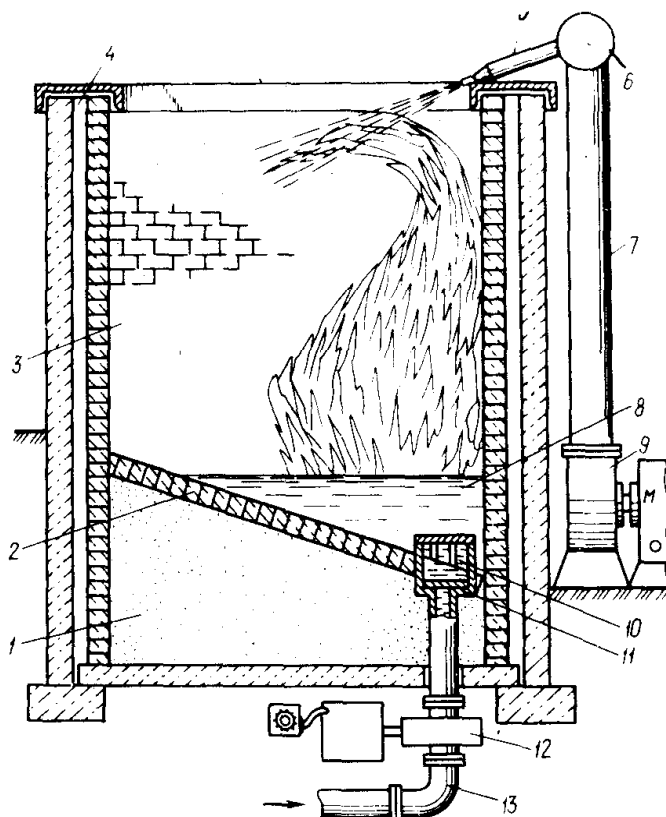
В СССР за последнее время разработан целый ряд топок с твердым и жидким (в расплавленном состоянии) золоудалением. Ведущими организациями в этой области являются НПО "Техэнергохимпром" и Московский энергетический институт. Исследования процесса огневого обезвреживания различных производственных сточных вод на опытных и промышленных установках показали, что наиболее рациональны для этой цели вертикальные циклонные камеры (рис. 15). Эти камеры имеют следующие особенности:

- тангенциальный подвод топлива и воздуха, рассредоточенный по окружности циклонной камеры и ее головной части;
- отделение зоны горения от зоны испарения сточной воды и окисления примесей путем размещения пояса форсунок для распыления сточной воды ниже пояса горелочных устройств;
- применение кирпичной футеровки в зоне горения с целью повышения устойчивости горения топлива;
- использование горелок предварительного смешения для интенсификации горения газа, а при отоплении жидким топливом -- совместный ввод топлива и воздуха;
- применение для распыливания сточной воды наиболее экономичных механических центробежных форсунок, устанавливаемых по окружности циклонной камеры.

Для обезвреживания сточных вод, не содержащих минеральных примесей, с удалением золы из циклонной камеры в твердом состоянии, камеру выполняют с огнеупорной кирпичной футеровкой (рис. 15,а).

В циклонных печах в связи с применением гарнисажных футеровок имеются широкие возможности для огневого обезвреживания различных типов сточных вод и жидких ПО с образованием расплава минеральных веществ. При этом в рабочем пространстве печи, помимо химических реакций горения топлива и жидких горючих отходов, протекают реакции с минеральными веществами. Например, при окислении органических соединений металлов образуются оксиды, которые в печи могут подвергаться карбонизации, сульфатизации и т.п. В частности, при окислении органических соединений натрия и калия образуются карбонаты. Окисление органических соединений серы, фосфора и галогенов сопровождается образованием газообразных кислот и их ангидридов. Щелочи, содержащиеся в исходной сточной воде и других отходах, а также получающиеся в процессе огневого обезвреживания, могут вступать в рабочем пространстве печи в химическое взаимодействие с газообразными кислотами и их ангидридами, образуя различные минеральные соли. Минеральные вещества из циклонной печи могут выпускаться в виде расплава или в твердом виде. Иногда их используют в качестве сырья в производственных процессах. В этих случаях циклонные печи могут рассматриваться как агрегаты для регенерации некоторых веществ из ПО: соляной кислоты -- из отработанных травильных растворов, тринатрийфосфата -- из отработанных растворов ванн обезжиривания металлов, соды -- из щелочного стока производства капролактама и т.п.

Стоимость обезвреживания 1 м³ сточной воды в наиболее неблагоприятных условиях (малая производительность циклонной установки, низкая концентрация горючих веществ, отсутствие утилизации тепла) составляет 8-12 руб.



1 - песчаное основание; 2 - днище камеры сгорания; 3 - камера сгорания; 4 - воздушный зазор; 5 - сопло; 6 - коллектор; 7 - напорный воздухопровод; 8 - слой жидких отходов; 9 - вентилятор; 10 - отверстия, клапанной коробки; 11 - клапанная коробка; 12 - насос; 13 - трубопровод

При повышении производительности реакторов и утилизации тепла отходящих газов, стоимость обезвреживания не превышает 5–6 руб/м³. Удельные капитальные затраты на 1 м³ сточной воды в год составляют 4–13 руб.

Надслоевые способы сжигания можно разделить на три группы: сжигание без принудительной турбулизации слоя отходов, с турбулизацией слоя отходов механическими устройствами, с пневматической

турбулизацией слоя отходов. Наиболее простыми являются способы, основанные на *сжигании отходов без принудительной турбулизации слоя*.

В США создана крупногабаритная установка для надслоевого сжигания горючих отходов с принудительной подачей воздуха в зону горения (рис. 16). Прямоугольная камера сгорания 3 печи, футерованная огнеупорным кирпичом, имеет зазоры 4 для охлаждения ее воздухом. Днище 2 камеры сгорания, выполненное также из огнеупорного кирпича, наклонено к горизонтали и лежит на песчаном основании 1. В углубленной части камеры расположена клапанная коробка 11, имеющая в верхней части ряд отверстий 10. Насос 12 через трубопровод 13 соединяется с резервуаром жидких отходов. Вентилятор 9 напорным воздуховодом 7 соединен с коллектором 6, расположенным вдоль стены камеры сгорания и заканчивающимся соплом 5.

В процессе работы установки отходы подаются насосом в камеру сгорания, где образуется слой, почти целиком закрывающий днище печи. С помощью легковоспламеняющейся жидкости (бензин, керосин и т.п.) поверхность отходов поджигается. В то же время включается вентилятор 9; воздух начинает поступать в сопла коллектора и доставляет кислород в зону горения, футерованные стенки камеры сгорания постепенно раскаляются и становятся источником излучения, способствующим испарению летучих компонентов сжигаемых отходов. При правильном регулировании подачи горючих отходов и воздуха сгорание отходов может быть достаточно полным.

Установки такого типа относительно просты, не требуют сложной предварительной обработки отходов и могут применяться в местах их централизованного сжигания. К недостаткам установок следует отнести громоздкость, а также неуправляемость процессом при вскипании воды под слоем отходов.

Сжигание с турбулизацией слоя отходов механическими устройствами является более эффективным процессом. Жидкие горючие отходы, подвергающиеся сжиганию в установках надслоевого горения, бывают сильно загрязнены и обводнены. Если эти отходы не перемешивать в процессе работы печи, то горение даже при правильном соотношении "воздух-горючее" идет неинтенсивно вследствие низкого уровня тепло- и массообменных процессов; образуются застойные зоны, где возможно расслаивание эмульгированной воды, а это приводит к ее внезапному вспениванию и погашению пламени. Кроме того, с течением времени на днище печи накапливаются несгоревшие твердые примеси, содержащиеся в отходах, а также кокс и частично оплавливающиеся зольные отходы.

По мере увеличения слоя твердых примесей происходит экранирование находящихся ниже жидких горючих отходов от излучения пламени, в результате чего уменьшается степень газификации горючих компонентов, снижается производительность печи и требуется ее остановка для проведения чистки. Поэтому целесообразнее создавать печи с принудительным перемешиванием слоя отходов и с механической выгрузкой твердого остатка (рис. 17). Японская печь конструкции Сатору и Накано выполнена в виде воздухоохлаждаемой цилиндрической камеры сгорания 2 с узким газоходом 1. Днище 5 камеры в центре имеет отверстие, через которое проходит воздухоохлаждаемый пустотелый вал 8. На конце вала закреплены

полые радиальные лопасти 4 с отверстиями 3 для выхода воздуха. Лопасти снабжены скребками 11. Для выгрузки золы и кокса в днище печи предусмотрен люк 6. Подача необходимого для горения воздуха производится от воздуховодов 9 и 10.

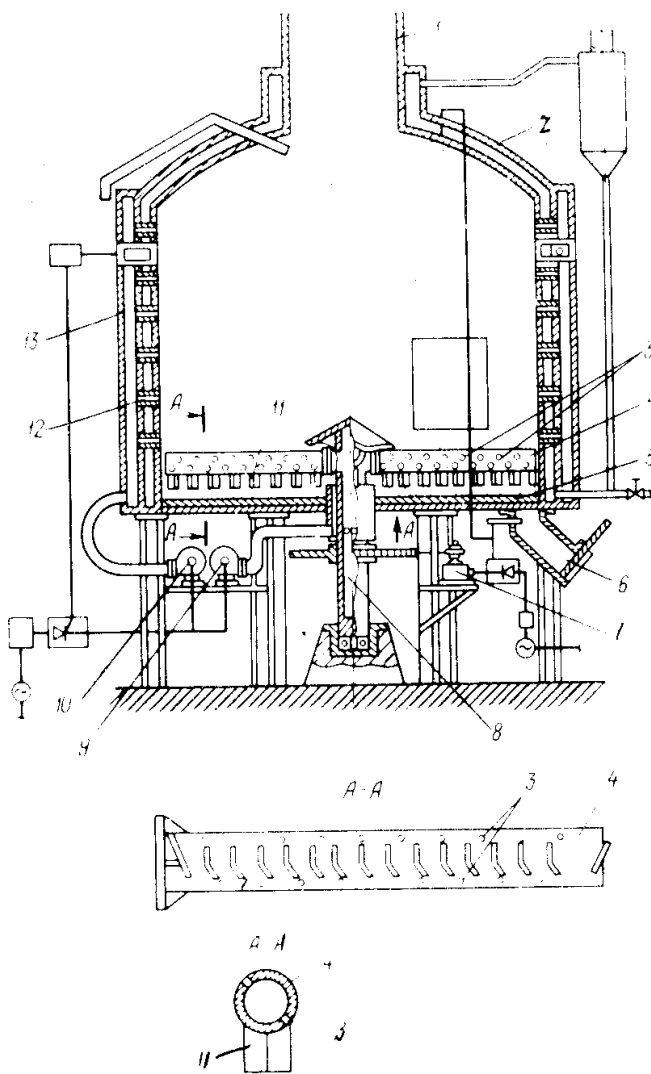


Рис. 17. Печь Сатору и Накано (Япония)

1 - газоход; 2 - камера сгорания; 3 - отверстия для воздуха; 4 - радиальные лопасти; 5 - днище; 6 - разгрузочный люк; 7 - привод; 8 - пустотелый вал; 9, 10 - воздуховоды; 11 - скребки; 12 - воздушные отверстия; 13 - кольцевая полость

Работает печь следующим образом: на днище 5 относительно тонким слоем заливают отработанное масло и поджигают. Воздух, необходимый для горения, от воздуховодки 9 подается в кольцевую полость 13 и входит в камеру сгорания через отверстия 12 в стенках

печи. Одновременно с началом горения масла включается механический привод 7, передающий вращение на вал. Радиальные лопасти 4 со скребками 11 перемешивают и усредняют слой отходов. Воздух, подаваемый от воздуходувки 9, охлаждает вал 8, а также лопасти 4, через отверстия в которых выходит в зону газификации, доставляя туда кислород. После прекращения подачи отходов негорючие частицы, зола и кокс перемещаются лопастями к люку 6 и выгружаются.

Преимущество данной конструкции перед предыдущей состоит в упорядочении и интенсификации процесса сжигания отходов. Металлические детали (лопасти мешалки) охлаждаются воздухом и не подвержены короблению.

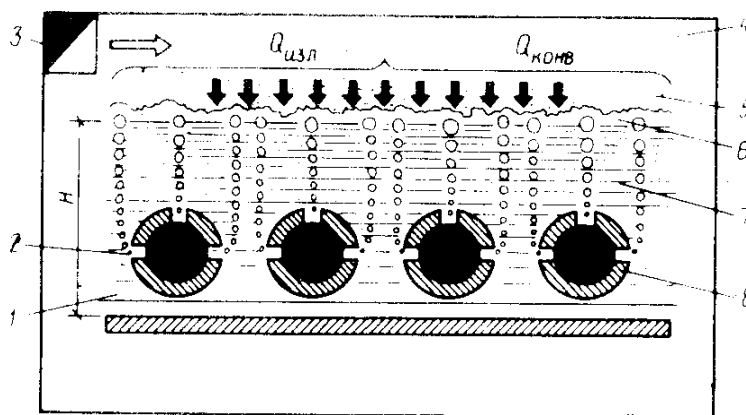


Рис. 18. Принцип работы барботажного слоя

H - высота барботажного слоя; 1 - барботажная ванна; 2 - "первичный" воздух; 3 - "вторичный" воздух; 4 - зона стабилизации; 5 - зона формирования капель; 6 - пенный слой; 7 - жидкий нефтепродукт; 8 - перфорированная труба (барботажная решетка)

Сжигание с пневматической турбулизацией слоя отходов. В последние годы в зарубежной и отечественной практике Для сжигания жидких горючих отходов стали применять бар-ботаж, т.е. продувку через слой отходов газообразного агента, например воздуха. Принцип работы барботируемого воздухом слоя жидких нефтеотходов (барботажного слоя) показан на РИС. 18.

В горелках барботажного типа функции распыливающего устройства выполняет пенный слой. Все пространство распыливания в них можно разделить на три зоны: зону пенного слоя 6, где происходит распределение обводненного топлива в потоке "первичного" воздуха 2 в виде тонких пленок, разделяющих воздушные пузырьки; зону формирования капель 5, в которой происходит разрушение пенного слоя; зону стабилизации 4, представляющую собой сформировавшуюся область дисперсного состава жидкого топлива с постоянной концентрацией капелек топлива в потоке подаваемого сюда "вторичного" воздуха 3. Барботаж воздуха или горючего газа через слой нефтепродуктов, в данном случае обводненных жидких нефтеотходов, способствует повышению эффективности процессов теплообмена.

Основные теплофизические закономерности надслоевого способа сжигания следующие. В процессе горения обводненный слой жидких нефтеотходов в барботажной ванне, через который продувается "первичный" воздух, прогревается до температуры кипения. Взаимодействие образующихся горючих паров с кислородом происходит в зоне горения над слоем, куда непрерывно должны поступать горючие пары и вторичный воздух.

Тепло от зоны горения к поверхности нефтеотходов передается, в основном, посредством излучения. Теплопроводность по направлению к испаряющемуся слою отсутствует, так как скорость движения паров от поверхности жидкости к зоне горения больше скорости передачи ими тепла, от зоны горения к жидкости.

Передача тепла конвекцией играет второстепенную роль, т.к. поток паров в объеме пламени направлен от менее нагретой поверхности (жидкие отходы) к более нагретой.

В установившемся процессе горения (т.е. при постоянной температуре пламени) наблюдается равновесие между количеством сгоревшего в зоне горения (пламени) вещества и массой пара, поступающего в пламя.

При барботаже "первичный" воздух, дробясь на пузырьки, вспенивает топливо. Скорость процессов тепло- и массопердачи между жидкой и газообразной фазами прямо пропорциональна поверхности, разделяющей эти фазы. Барботаж газа через жидкость интенсифицирует теплообменные процессы путем турбулизации газожидкостной системы, постоянного разрушения и обновления ячеистой пенной структуры, освобождения заключенных в ней газов. В процессе теплообмена часть топлива испаряется в виде брызг при разрушении поверхностных слоев пены.

Известно, что минимальная энергия, необходимая для разрушения пленок пены чистых жидкостей, равна:

$$W_p = 0,34 \pi \delta \sigma,$$

где σ -- поверхностное натяжение продуктов; δ толщина пленок жидкости, разделяющей шдоное пространство.

При увеличении температуры надслоевого пространства уменьшается поверхностное натяжение нефтепродукта, утоньшаются пленки, облегчается их разрыв и вынос брызг из пены. Вынос брызг

осуществляется также под действием барботажного агента, причем скорость его ограничена из-за возможности механической неполноты сгорания.

Дальнейшее дробление вынесенных из пенного слоя капель топлива происходит вследствие аэродинамического воздействия потока "вторичного" воздуха, а также микровзрывов включений легкокипящей воды в каплях относительно высококипящих нефтепродуктов. При этом в зоне пламени обводненного топлива появляется большое количество дополнительных активных центров -- атомарного водорода H и гидроксогруппы OH, которые во много раз увеличивают скорость реакции горения углеводов.

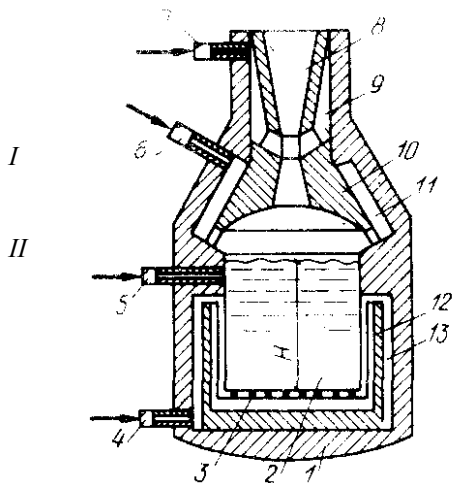


Рис. 19. Барботажная печь Каталя (Австралия)

- камера сгорания; 2 - барботажная ванна; 3 - днище; 4 --воздушный патрубок; 5 -- впускной патрубок. 6, 7 - патрубки; 8 - горловина; 9, - воздушные рубашки; 10 купол; 12 - перегородки; 13 - кольцевой канал

В Австралии впервые был запатентован барботажный способ сжигания малолетучих тяжелых топлив в печи Каталя, в которой можно сжигать и другие продукты, например жидкую серу.

Печь состоит из камеры I (рис. 19), футерованной огнеупорным материалом или выполненной из жаропрочной стали. В камере расположена барботажная ванна 2 с перфорированным дном 3.

Продукт, подлежащий сжиганию, заливают в ванну через впускной патрубок 5 и удерживают на постоянном уровне H, который зависит от состава и свойств горючего вещества, размеров и числа отверстий в днище 3. Толщина слоя отходов может колебаться в пределах 5-10 см. Ванна 2 отделена от стенки камеры I перегородкой 12, образующей канал 13. Камера закрыта сверху куполом 10, изготовленным из огнеупорного материала и окруженным воздушными рубашками 9 и 11.

В процессе работы печи через патрубок 4 подают предварительно подогретый газ (например, воздух), барботирующий через слой. Напор газа (воздуха) должен быть достаточным для преодоления сопротивления слоя, который в процессе работы перемешивается и газифицируется.

Топливовоздушная смесь сгорает над слоем продукта в потоках "вторичного" и "третичного" воздуха, подаваемого в печь соответственно через патрубки 6 и 7. Газообразные продукты сгорания выходят из печи через горловину 8. Купол 10, предназначенный для отвода газа (воздуха), выполнен в виде трубы Вентури, что способствует улучшению смесеобразования и полноте сгорания продукта.

У нас в стране барботажный способ впервые был предложен М.С. Масленниковым, В.Л. Гудзюком, А.В. Лебедевым (Ивановский энергетический институт). С целью интенсификации процессов прогрева, испарения и смесеобразования в горелке или печи предусматривается барботаж части или всего окислителя по всей глубине топлива или горючих отходов. Для этого разработаны различные конструкции, положительно зарекомендовавшие себя при сжигании мазутов и нефтеотходов.

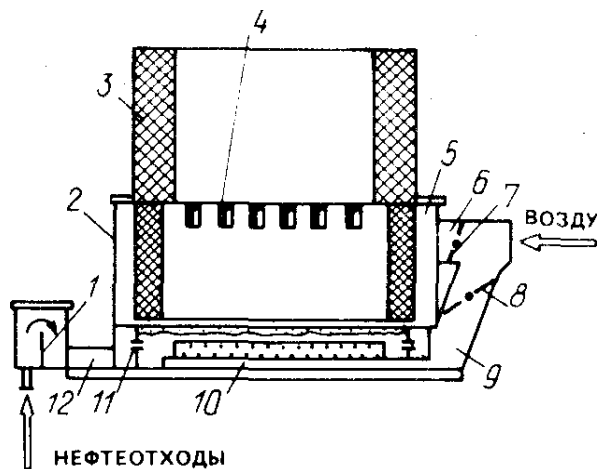


Рис. 20. Схема барботажной горелки

1 - дозатор; 2 - корпус; 3 - камера сгорания; 4 -отверстия для подачи "вторичного" воздуха; 5 -воздушная рубашка; 6 -канал для подачи "вторичного" воздуха; 7 - шибер "вторичного" воздуха; 8 - шибер "первичного" воздуха; 9 - канал "первичного" воздуха; 10 - барботажная решетка; 11 -отверстие для поступления жидкого топлива; 12 - канал для жидкого топлива

Горелка с прямоугольной камерой сгорания показана на рис. 20. В нижней части корпуса 2 размещена барботажная решетка 10, под которую через канал 9 подводится "первичный" воздух. Во время работы горелки над решеткой постоянно имеется слой жидкого топлива, поступающего в горелку через отверстие 11 из канала 12. Высота уровня топлива в горелке поддерживается постоянной с помощью дозатора 1, снабженного регулируемым по высоте переливом. Внутри корпуса горелки выше топливного слоя находится форкамера с встречно расположенными

отверстиями 4 "вторичного" воздуха. Футерованная шамотным кирпичом призматическая обечайка форкамеры вставляется в корпус горелки так, чтобы между обшивкой форкамеры и горелкой образовалась полость, куда через канал 6 подается "вторичный" воздух. В верхней части форкамера переходит в камеру сгорания 3 выполненную из шамотного кирпича. Распределение потоков "первичного" и "вторичного" воздуха регулируется шиберами 7 и 8.

Количество барботируемого через слой жидких отходов воздуха по условиям предельно допустимой скорости барботажа составляет небольшую часть теоретически необходимого для горения "вторичного" воздуха.

Устойчивая и эффективная работа барботажной горелки определяется следующими факторами: правильно подобранным соотношением "первичного" и "вторичного" воздуха; соотношением "отходы-вода"; постоянством высоты топливного слоя и равномерностью поступления в горелку сжигаемого продукта, что обеспечивается настройкой системы питания и регулятора уровня; уровнем температуры в форкамере; отсутствием дымления и выноса из горелки горящих капель и частиц. Последнее обеспечивается в том случае, если скорость барботажа (количество первичного воздуха) не превышает допустимого предела. Кроме того, уровень топлива в горелке должен быть оптимальным.

Барботажные установки испытаны и внедрены для огневого обезвреживания жидких отходов на Рижском лакокрасочном заводе, Нарофоминском заводе "Электроизолит", предприятиях Минхимпрома СССР и Минэлектротехпрома СССР. МосводоканалНИИпроект совместно с Ивановским энергетическим институтом проводились испытания барботажных горелок на предприятиях Москвы.

Наряду с несомненными достоинствами испытанных установок выявились и определенные их недостатки, такие как периодическое зашлаковывание большого количества барботажных отверстий, образование местных застойных зон, в которых вскипает расслаивающаяся вода с выбросом пены, нестабильность работы установки из-за трудности управления толщиной слоя и т.д.

На основании проведенных исследований МосводоканалНИИпроект был разработан новый способ сжигания, который получил название "турбобарботажный", а установки, работающие по этому принципу, -- "турбобарботажные установки "Вихрь".

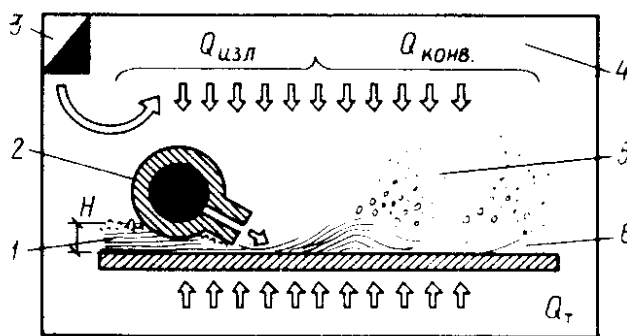


Рис. 21. Принцип турбобарботажного способа сжигания жидких нефтеотходов 1 - турбулентно движущийся слой; 2 - сопла "первичного" воздуха; 3 - "вторичный" воздух; 4 - зона центробежной стабилизации капель; 5 - зона распыла; 6 - турбобарботажная ванна

В табл. 2.1 приведены сравнительные характеристики барботажного и турбобарботажного принципов.

Принцип работы турбобарботажного слоя показан на рис. 21. Турбобарботажный способ сжигания в совокупности характеризуется следующими основными признаками:

1. Процесс сжигания ведется при большой кратности обмена в тонком слое, приводимом во вращательное турбулентное движение, быстро прогреваемом и частично распыляемом на более мелкие, чем при барботажном способе, капли.

2. Процесс сжигания осуществляется в цилиндрической или относительно узкой кольцевой камере требуемого диаметра.

3. Процесс сжигания ведется при пониженном количестве "первичного" воздуха, но при его повышенной скорости. Барботажные элементы объединяются в коллекторные однонаправленные блоки (сопла), которые могут свободно извлекаться и вставляться на место в барботажной ванне, причем исключено попадание нефтепродукта через барботажные отверстия под днище горелки.

4. Подача вторичного воздуха в камеру сгорания осуществляется над слоем отходов тангенциально с пересечением ее рабочего сечения. Недоиспарившиеся капли, вынесенные из слоя под действием центробежной силы, сепарируются на стенках камеры сгорания, что исключает механическую неполноту сгорания.

5. Процесс сжигания ведется при повышенном значении коэффициента избытка воздуха, что в определенных пределах позволяет изготавливать турбобарботажные горелки без футеровки и водного охлаждения корпуса.

На основе турбобарботажного способа сжигания МосводоканалНИИпроект были разработаны различные типоразмеры установок для сжигания нефтеотходов, объединенные под общим названием

"Вихрь". Установка "Вихрь" и технологическая схема установки с печью производительностью 200 кг/ч, промышленный вариант которой получил название "Вихрь-1", показаны на рис. 22.

Турбобарботажная печь смонтирована на общем шасси 12, где расположены также энергоблок 10 и вентилятор 11. Подача жидких горючих отходов на днище горелки 7 осуществляется через регулятор 1. Расход "первичного" и "вторичного" воздуха регулируется шиберами 8 и 9.

2.1. Сравнительные характеристики барботажного и турбобарботажного сжигания жидких нефтеотходов.

Показатель	Барботажный способ	Турбобарботажный способ
Высота слоя отходов, м	0,1–0,3	0,002–0,03
Кратность обмена топлива	10–40	100–200
Коэффициент избытка воздуха	1,07–1,1	1,4–1,9
Количество первичного воздуха, % общего расхода	20–30 (не более 40)	5–10
Скорость выхода первичного воздуха, м/с	1,5–2,5	Более 50
Характер подачи "вторичного" воздуха	Встречный	Закрутка по внутренней и наружной сторонам кольца камеры
Границы автотермического горения при обводненности до, %	60	60
Максимальное допустимое содержание твердых минеральных примесей, %	10	15
Фракционный состав твердых примесей, мкм	0–300	0–2000
Суммарная площадь сечения барботажных отверстий, % общей площади ванны	20–35	Менее 0,1
Конструкционный материал камеры сгорания	Футерованная огнеупорным кирпичом	а) цельнометаллическая, до 0,6 м б) футерованная огнеупорным кирпичом
Диапазон рекомендуемых к сжиганию углеводородов	От масел до тяжелых мазутов, $(t_{кип.} = 423–633\text{K})$	От ЛВЖ до тяжелых мазутов $(t_{кип.} = 303–633\text{K})$

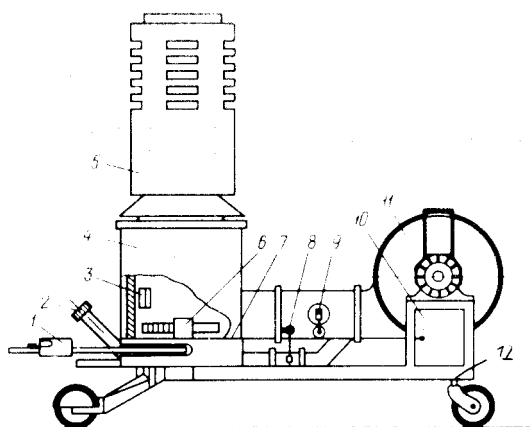


Рис. 22. Передвижная установка "Вихрь-1" в рабочем положении 1 - регулятор подачи нефтеотходов; 2 - запальный патрубок; 3 - отверстия для подачи "вторичного" воздуха; 4 - камера сгорания; 5 - труба; 6 - турбобарботажная крестовина; 7 - днище горелки; 8 - шибер "первичного" воздуха; 9 - шибер "вторичного" воздуха; 10 - энергоблок; 11 - вентилятор; 12 - шасси

Конструкция печи выполнена из стали X18H9T. Печь состоит из собственно камеры сгорания 4 и продолжающей ее трубы 5. Труба турбобарботажной печи откидывается при транспортировании и техническом обслуживании. Основание печи футеруется слоем толщиной 0,08 м. В центре днища расположена турбобарботажная крестовина 6 с соплами, в которую от вентилятора поступает "первичный"

воздух. Нефтеотходы зажигаются через запальный патрубок 2. Через сопла, наклоненные под углом 30° к днищу, "первичный" воздух приводит тонкий слой нефтеотходов, быстро прогреваемый от излучения пламени до кипения, в турбулентное вращательное движение, вспенивает и частично распыляет его. Это исключает образование застойных зон, шлакообразование, расслоение и вскипание воды, т.е. повышает надежность работы установки. Продукты газификации полностью сгорают в заключенных потоках "вторичного" воздуха, подаваемого над слоем нефтеотходов через отверстия 3.

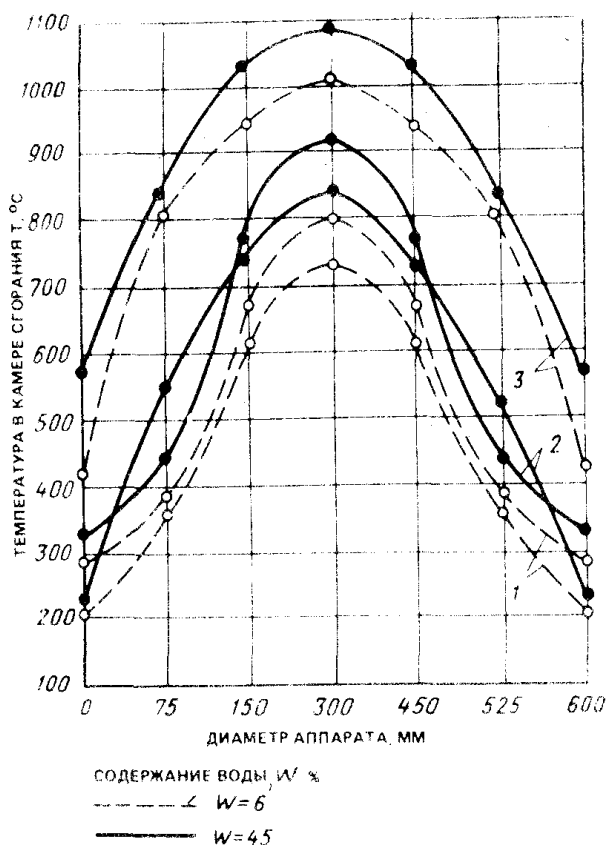


Рис. 23. Температурные режимы работы установки "Вихрь-1" в зависимости от диаметра камеры сгорания 1, 2, 3 - соответственно сечения I, II, III.

Зависимость изменения температур от диаметра камеры сгорания представлена на рис. 23. Из графиков следует, что при обводненности отходов от 6 до 45 % температура стенок камеры не превышает 873 К (600°C), что ниже температуры окисления распространенной изжаростойкой стали 1X18H9T. Это объясняется наличием пристенного слоя холодного воздуха, находящегося под действием центробежной силы и движения воздуха в межрубашечном пространстве. Пристенный слой забалластирован к тому же более тяжелыми, чем горючие газы, конечными продуктами сгорания, в первую очередь CO_2 , плотность которого $\gamma = 1,98 \text{ кг/м}^3$. Вне пристенного слоя продукты газификации проходят через зоны температур 1072-1373 К ($800\text{-}1100^\circ\text{C}$), что гарантирует полноту их сгорания и не приводит к избыточному образованию оксидов азота из воздуха.

Испытания установок позволили сделать вывод о том, что при определенных условиях (коэффициент избытка воздуха $d=1,4\text{-}1,9$; закрутка "вторичного"

воздуха со скоростью свыше 50 м/с) печи диаметром до 0,6 м можно делать цельнометаллическими без футеровки и водяного охлаждения из обычной нержавеющей стали 1X18H9T, что значительно упрощает и удешевляет конструкцию печей и позволяет наладить их серийное производство.

Эксперименты на установках диаметром свыше 0,6 м показали, что, начиная с диаметра 0,8 м, эффект вращающегося кольца холодного воздуха значительно ослабевает, температура стенок повышается до 973 К и выше, поэтому более крупные установки нуждаются в футеровке огнеупорным материалом.

Первые установки "Вихрь", в том числе серийные, выпускались без утилизации и очистки дымовых газов. В настоящее время разработаны конструкции установок с утилизацией тепла и с мокрой (реагентной и безреагентной) очисткой дымовых газов. Локальные установки такого типа имеют широкие перспективы для применения.

2.4. Пиролиз и газификация отходов

Пиролиз представляет собой процесс разложения органических соединений под действием высоких температур при отсутствии или недостатке кислорода. Характеризуется протеканием реакций взаимодействия и уплотнения остаточных фрагментов, исходных молекул, в результате чего происходит расщепление органической массы, рекомбинация продуктов расщепления с получением термодинамически стабильных веществ: твердого остатка, смолы, газа. Применяя термин "пиролиз" к термическому преобразованию органического материала, подразумевают не только его распад, но и синтез новых продуктов. Эти стадии процесса взаимно связаны и протекают одновременно с тем лишь различием, что каждая из

них преобладает в определенном интервале температуры или времени.

Общую схему пиролиза можно представить следующим образом: твердые отходы + $Q \rightarrow$ твердый остаток + жидкие продукты + газы + Q_i (где Q -- дополнительное тепло, Q_i - вторичное тепло).

Следует отличать пиролиз от близкого к нему процесса газификации. Газификация является термохимическим высокотемпературным процессом взаимодействия органической массы или продуктов ее термической переработки с газифицирующими агентами, в результате чего органическая часть или

продукты ее термической переработки обращаются в горючие газы. В качестве газифицирующих агентов применяют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода, а также их смеси.

Процессы пиролиза отходов получили большее распространение, чем газификация. Пиролизу подвергаются твердые бытовые и близкие к ним по составу ПО, отходы пластмасс, резины (в том числе, автомобильные покрышки), другие органические отходы.

С санитарной точки зрения процесс пиролиза обладает лучшими показателями по сравнению с сжиганием. Количество отходящих газов, подвергаемых очистке, намного меньше, чем при сжигании отходов. Объем твердого остатка, получаемого по схеме высокотемпературного пиролиза, может быть значительно уменьшен. Твердый остаток можно использовать или в промышленности (сажа, активированный уголь и др.). Таким образом, некоторые схемы пиролиза отходов могут быть безотходными.

В настоящее время известно более 50 систем по пиролизу отходов, отличающихся друг от друга видом исходного сырья (отходов), температурой процесса и конструктивными решениями технологической схемы переработки сырья.

В основу классификации пиролизных установок положен температурный уровень процесса, так как именно температура в реакторе определяет выход и качество продуктов пиролиза отходов того или иного состава.

Высокотемпературный пиролиз по сравнению с другими методами имеет ряд преимуществ: при нем происходит более интенсивное преобразование исходного продукта; скорость реакций возрастает с экспоненциальным увеличением температуры, в то время как тепловые потери возрастают линейно; увеличивается время теплового воздействия на отходы; происходит более полный выход летучих продуктов; сокращается количество остатка после окончания процесса. Примером низкотемпературного пиролиза может служить разработанный фирмой "Монсанто" (США) метод термической обработки мусора Ландгард, который осуществляется во вращающейся печи при недостаточном доступе кислорода, при этом часть горючих составляющих сгорает.

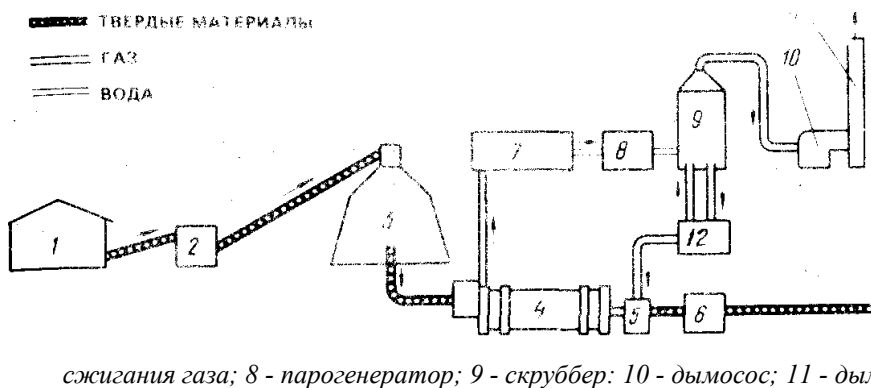


Рис. 24.
Технологическая схема
Ландгарта

1 - приемный бункер; 2
дробилка грубого
дробления; 3 - бункер
для дробленых отходов;
4 - вращающаяся печь
(реактор); 5 - шлаковая
ванна; 6 - магнитный
сепаратор; 7 -- камера

сжигания газа; 8 - парогенератор; 9 - скруббер; 10 - дымосос; 11 - дымовая труба; 12 очистка воды

Доставленные на установку производительностью 35 т/сут отходы по двум виброжелобам направляются в дробилку, а затем в бункер, откуда их можно непрерывно подавать во вращающуюся печь. Эта печь внутри футерована огнестойким материалом и установлена с небольшим наклоном, благодаря чему измельченные отходы в ней легко перемещаются, при этом часть горючих составляющих сгорает.

Отходы, подлежащие пиролизу, движутся противотоком по отношению к обогревающим газам. Процесс эндотермичен, и для его осуществления подводится дополнительное топливо.

Остаток от сгорания твердых отходов попадает в находящуюся в конце печи ванну для гашения, питаемую водой из установки для очистки отходящих газов. Затем шлак направляется на флотационную установку, после которой отделенные легкие компоненты в виде угольного шлама вытекают, сгущаются и фильтруются перед вывозом, тогда как тяжелые составные части поступают на магнитный сепаратор. Освобожденный от железа остаток представляет собой стекло-содержащее темное вещество. Отходящие от печи газы полностью сгорают в камере с огнеупорной футеровкой, в которую подается воздух. Тепло используется для производства пара. Газ попадает в скруббер, а оттуда через дымовую трубу выбрасывается в атмосферу (рис. 24).

Установка, работающая на основе этого принципа, построена в Балтиморе (штат Мериленд, США). Стоимость установки — 15 млн. 852 тыс. долл. Годовая мощность (при коэффициенте использования оборудования 0,85) — 310 тыс. т. Стоимость переработки 1 т отходов 5,87 долл. (за вычетом дохода на реализацию).

В США разработан метод высокотемпературного пиролиза ТБО — Торракс. Метод характеризуется процессами распада и частичного окисления горючих компонентов, а также плавлением инертных материалов при температурах до 1650°C. С помощью этого метода можно обрабатывать, кроме бытовых, отходы мелких промышленных производств, близкие по составу к бытовым отходам, а также старые автопокрышки, обезвоженный осадок сточных вод, отходы медицинских учреждений и т.п.

ТБО и ПО могут быть загружены в установку непосредственно в том виде, в каком они были доставлены с мест сбора, без предварительной обработки, за исключением дробления громоздких предметов до кусков размером около 1 м.

Важнейшей частью системы является реактор (рис. 25). Он работает как вертикальная шахтная печь и обеспечивает процесс пиролиза отходов и шлакообразование несгораемых компонентов. По форме корпус реактора напоминает вагранку, но отличается от нее рядом особенностей. Внутри корпуса отсутствуют колосниковые решетки и движущиеся части. Высота его приблизительно 15 м, внутренний диаметр шахты -- около 3 м. При таких размерах шахты и круглосуточной работе оборудования обеспечивается производительность 300 т/сут.

Отходы периодически загружаются в верхнюю часть реактора. Под действием собственной массы они проходят сверху вниз через три зоны: сушки, пиролиза, первичного сгорания и плавления.

Горючие газы из зоны сгорания проходят вверх сквозь слой отходов и отдают тепло в зонах сушки и пиролиза. В зоне сушки влага, содержащаяся в отходах, испаряется. Поступающие сверху отходы создают пробку, что предотвращает подсос воздуха через открытое загрузочное отверстие. Под зоной сушки расположена зона пиролиза, где высушенные отходы эндотермически (практически без доступа воздуха) разлагаются на горючий газ, углерод и инертные материалы. Горючие газы поднимаются вверх по шахте и попадают в кольцеобразный канал, откуда они в смеси с паром отсасываются вентилятором.

Важнейшими компонентами горючего газа являются водород, оксид углерода и метан. Теплота сгорания этой смеси, по разным данным, составляет 6680—10450 кДж/м³ состав и теплота сгорания горючего газа зависят от состава отходов и характера процесса пиролиза.

Твердые продукты пиролиза (углерод и инертные материалы) оседают, а затем поступают в зону первичного сгорания и плавления в нижней части реактора, где высокие температуры поддерживаются за счет подачи подогретого до 300--500°C воздуха и тепла, выделяемого при сгорании углерода. Для подвода нагретого воздуха служит кольцеобразная труба, которая играет роль коллектора при его распределении и подаче через фурмы в топку.

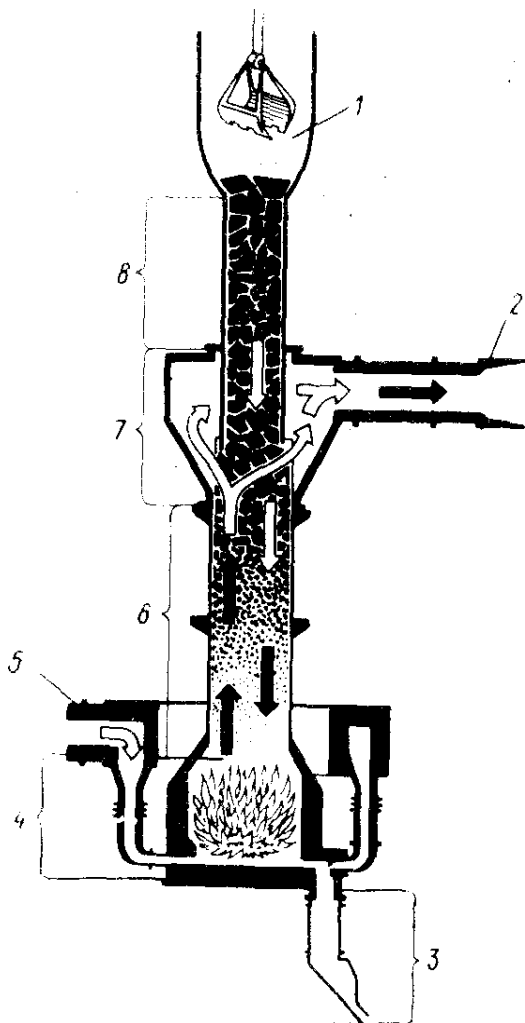


Рис. 25. Реактор высокотемпературного пиролиза Торракс -1
1 - загрузка отходов; 2 - выход горючего газа; 3 - удаление и охлаждение шлака; 4 - зона сжигания и плавления; 5 -- подача горячего воздуха в зону горения; 6 - зона пиролиза; 7 - зона сушки; 8 - загруженные отходы

Коксовый остаток, образовавшийся при пиролизе, окисляется в оксид углерода, а инертные материалы оплавляются. В нижней части газогенератора находится зона плавления с максимальными температурами до 1650°C. Расплавленный жидкий шлак выводится через шлаковую ванну; при этом расплавленный шлак, имеющий в основном силикатные компоненты, гранулируется и используется в промышленности строительных материалов.

Часть энергии получаемого газа (до 10—15 %) используется в самой системе для нагрева воздуха, подаваемого в зону сжигания реактора. Остальная энергия может быть передана потребителю непосредственно в виде газообразного топлива или в виде пара.

Первый экспериментальный завод, работающий по методу "Система газ", мощностью 75 т/сут, был построен в г. Оргард Парк, штат Нью-Йорк. Завод был создан для ликвидации твердых городских отходов и отходов торговых предприятий, к которым добавляется определенное количество твердых ПО.

Эксплуатация промышленной установки Торракс выявила ее достоинства: непрерывность процесса, отсутствие движущихся частей в термически нагруженной зоне; незначительный унос твердых частиц дымовыми газами благодаря оплавлению пылевидных компонентов.

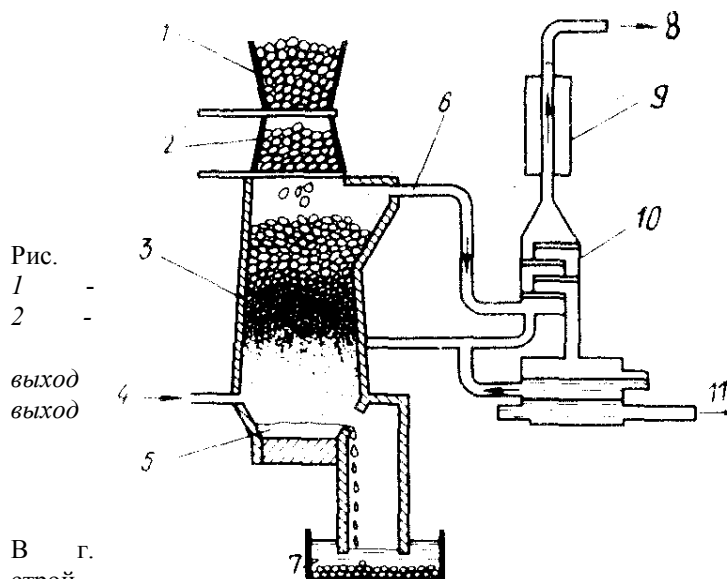


Рис.
1 -
2 -
выход
выход

26. Схема пиролизной установки Пьюрокс
загрузочная воронка;
питатель; 3 - реактор; 4 - подача
кислорода; 5 - расплавленный остаток; 6 -
пиролизного газа; 7 - водяная ванна; 8 -
избыточного газа; 9 - конденсатор; 10 -
газоочистка; 11 - вода от очистки газов

В г.
строй

Предполагается проверить технические показатели и режим работы завода на несортированных городских отходах [П]. Американская фирма Юнион Карбайд разработала высокотемпературный пиролизный реактор Пьюрокс. Основным продуктом процесса является горючий газ. Опытный образец реактора, высота которого около 3 м, мощность 5 т/сут, был испытан в г. Терри-Таун (штат Нью-Йорк).

На рис. 26 представлена схема процесса Пьюрокс. Основным элементом системы является вертикальная шахтная печь. ТБО подаются в верхнюю часть печи через питатели. В основание реактора подается кислород (0,2 т на 1 т отходов), где он реагирует с выпадающим продуктом процесса пиролиза. Создается зона достаточно высокой температуры, в которой происходит плавление или шлакование негорючих материалов. Расплавленные негорючие включения (в основном металл и стекло) непрерывно стекают в водную ванну, образуя тяжелый гранулированный материал.

Горючие газы, образующиеся в результате реакции кислорода с углеродом, поднимаются вверх, проходя через опускающиеся твердые отходы и обеспечивают тепло, необходимое для пиролиза. Дополнительного топлива для поддержания процесса пиролиза не требуется. В верхней части печи этот газ охлаждается в ходе сушки поступающих твердых отходов. Выходящий газ (температура при выходе из реактора около 120°C) содержит значительное количество водяных паров, некоторое количество "масляного тумана" и следы вредных примесей. Эти примеси удаляются путем очистки газа в электрофилт্রে.

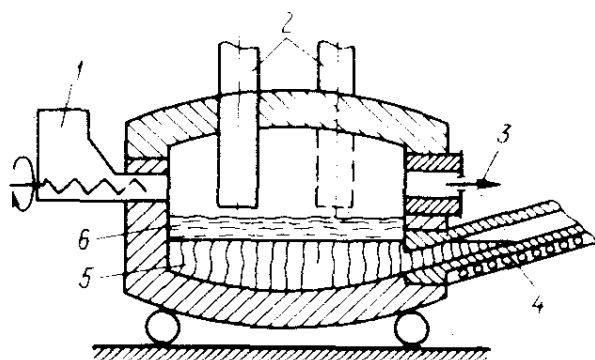


Рис. 27. Электродуговая печь для переплавки мусора
1 - подача мусора; 2 - электроды; 3 - вывод газов; 4 -
выход сплава через электромагнитный желоб; 5 -
ванна для сплава; 6 - шлак

Полученный в результате пиролиза газ, по данным фирмы, представляет собой чистое горючее топливо со средней теплотой сгорания 9000 кДж/м³. Этот газ имеет большое преимущество перед природным, так как не содержит соединений серы и оксидов азота, а температура горения при прочих равных условиях примерно одинакова. При сжигании газа потребность в воздухе составляет 80 % объема требуемого для сжигания природного газа. Таким образом, получаемый в процессе Пьюрокс газ может с успехом заменить природный.

Весьма сложной является проблема аккумуляции и хранения газа, полученного в процессе пиролиза, поэтому фирма считает, что потребитель должен находиться на расстоянии не более 1,5-3 км от установки.

Фирма определила ориентировочные экономические показатели для полномасштабной установки. Капиталовложения на установку мощностью 1000 т/сут составляют 14 млн. долл. Эта система должна иметь три реактора мощностью 350 т/сут каждый, которые будут обслуживаться одной кислородной установкой. Эксплуатационные расходы (включая амортизацию) составят около 3 млн. долл. в год, прибыль от продажи газа — 1,6 млн. долл. Мощность установки при коэффициенте использования оборудования 0,85 определяется в 310 тыс. т в год.

В ФРГ разработан способ термического разложения ТБО в электродуговой печи. При высокой температуре (1500-1700°C) в печи (рис. 27) в результате интенсивного разложения горючих составляющих образуются коксовый остаток и газ, содержащий в основном водород и оксид углерода. Минеральная часть,

состоящая главным образом из силикатов и металлов, плавится и разделяется на металл и шлак. Оксид железа, содержащийся в шлаке, вступает в реакцию с коксовым остатком, восстанавливается до металла и образует оксид углерода.

Восстановившийся металл непрерывно отделяется от шлака. Полученный расплав состоит в основном из железа, других металлов и кремния. Состав этой массы и количество электроэнергии, необходимое для ее получения, зависят от количества и состава исходных материалов. Для нормального протекания процесса необходимо регулировать подачу отходов в печь. В небольших печах отходы следует предварительно измельчать. Шлаковый покров должен постоянно перемешиваться с поступающими холодными отходами, что достигается вращением мусороприемника печи.

В результате переработки 1 т отходов может быть получено около 140 кг сплава, в состав которого, кроме железа входят кремний (28 %), алюминий (7 %), кальций и натрий (6 %). Сплав получается в виде слитков или гранул, его используют в металлургических и особенно конвертерных процессах. Гранулированный материал добавляется как металлическое "горючее". Подводимый кислород освобождает скрытую в нем энергию (около 3 кВт ч на 1 кг), за счет чего можно переплавить в сталь 8 кг металлолома или восстановить 1,2 кг железной руды.

Способ разложения отходов в электродуговой печи имеет ряд преимуществ по сравнению с распространенными способами обезвреживания: цикл процесса замкнут; процесс является безотходным; при переплавке отходов полностью разрушаются все органические соединения, уничтожается болезнетворная микрофлора; продукты, полученные при сжигании газа, содержат меньше вредных примесей, чем газы мусоросжигательных установок.

2.5. Сушка

Сушка представляет собой процесс удаления влаги из твердого или пастообразного материала путем испарения содержащейся в нем жидкости за счет подведенного к материалу тепла. Это термический процесс, требующий значительных затрат тепла.

Сушка широко применяется в химической, химико-фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности. Относительно широко распространение сушка получила в области обработки осадка городских сточных вод (барабанные сушилки, сушка во встречных струях). Процессы термического удаления той части влаги, которую невозможно удалить механическим путем, могут также найти применение при обработке ПО, которые необходимо подготовить к транспортированию и дальнейшей переработке (например, гальванические шламы), а также при обработке некоторых отходов химической, пищевой и других отраслей промышленности. Сушка осуществляется конвективным, контактным, радиационным и комбинированными способами.

Метод сушки выбирают на основе технологических требований к высушиваемому продукту и с учетом технико-экономических показателей. Процесс сушки осуществляется за счет тепловой энергии, вырабатываемой в генераторе тепла. Генератором тепла могут служить паровые или газовые калориферы, топки, работающие на твердом, жидком или газообразном топливе, инфракрасные излучатели и генераторы электрического тока. Выбор генератора тепла обычно определяется схемой и методом сушки, физическими свойствами высушиваемого материала и требуемым режимом сушки. При возможности целесообразно использовать тепло отходящих газов или отработанного пара, при этом одновременно утилизируются тепловые отходы.

По технологическим признакам сушилки можно классифицировать следующим образом:

- • по давлению (атмосферные и вакуумные);
- • по периодичности процесса (периодического, полунепрерывного и непрерывного действия);
- • по способу подвода тепла (конвективные, контактные, радиационные и сушилки с нагревом материала токами высокой частоты);
- • по роду сушильного агента (воздушные, газовые и сушилки на перегретом или насыщенном паре);
- • по направлению движения материала и теплоносителя (прямоточные, противоточные и перекрестного тока);
- • по тепловой схеме (калориферные, с дополнительным внутренним обогревом, с рециркуляцией части отработанного воздуха, со ступенчатым подогревом и комбинированные, например, со ступенчатым подогревом и рециркуляцией);
- • по способу обслуживания (с ручным обслуживанием и механизированные);
- • по способу нагрева (с паровыми, огневыми воздухоподогревателями, путем смешения с продуктами сгорания, с электронагревом);
- • по циркуляции теплоносителя (с естественной, искусственной циркуляцией, однократной и многократной циркуляцией).

Типовые конструкции сушилок следующие: шкафные, камерные, туннельные, шахтные, ленточные, барабанные, вальцевые (контактные), пневматические, распиливающие, с кипящим слоем, вибрационные.

Конвективная сушка воздухом или газом является наиболее распространенной. В воздушной сушке, так же как и в газовой, тепло передается от теплоносителя непосредственно высушиваемому веществу. Для получения материала необходимого качества особое внимание должно уделяться технологическому режиму сушки, правильному выбору параметров теплоносителя и режиму процесса (выбор оптимальной

температуры нагрева материала, его влажности и т.д.). Оптимальный режим сушки, влияющий на технологические свойства материала, зависит от связи влаги с материалом.

По мере удаления влаги с поверхности материала за счет разности концентрации влаги внутри материала и на его поверхности, происходит движение влаги к поверхности путем диффузии. В некоторых случаях имеет место так называемая термодиффузия, когда движение влаги внутри материала происходит за счет уменьшения разности температур на поверхности и внутри материала. При конвективной сушке оба процесса имеют противоположное направление, а при сушке токами высокой частоты — одинаковое.

Сушка -- процесс теплообмен. Удаление влаги с поверхности тесно связано с продвижением ее изнутри к поверхности. Сушка отличается от выпаривания тем, что в первом случае удаление влаги происходит при любой температуре, если $A P = P_{\text{ц}}^* - P_{\text{д}}$, во втором — если давление образующихся паров равно давлению окружающей среды (например, кипение воды происходит при давлении, равном барометрическому). Выпаривание происходит из всей массы жидкости, при сушке же влага удаляется с поверхности высушиваемого материала. Выпаривание — более интенсивный процесс, чем сушка, однако не все материалы можно подвергать выпариванию. Так, влага из твердых материалов удаляется только тепловой сушкой.

При сушке некоторых материалов до низкой конечной влажности тепло расходуется не только на подогрев материала и испарение влаги из него, но и на преодоление связи влаги с материалом. В большинстве случаев при сушке удаляется водяной пар, однако, в химической промышленности иногда приходится удалять пары органических растворителей. Независимо от того, какая жидкость будет испаряться, закономерности процесса те же.

Критериями выбора основных типов сушилок для обработки ПО являются их исходные свойства (консистенция, влажность, гранулометрический состав, токсичность, пожаро-взрывоопасность и т.д.), требования, предъявляемые к конечному продукту (физико-химические и механические свойства), вопросы технологии, стоимостные показатели.

Ниже рассматриваются основные типы сушилок, которые могут применяться в технологии обработки промышленных отходов.

Барабанные сушилки широко используются в химической промышленности для сушки сыпучих, мелкокусковых и зернистых материалов. В таких сушилках тепло передается от сушильного агента непосредственно высушиваемому материалу внутри сушильного барабана, т.е. в барабанных сушилках применяют конвективный способ передачи тепла.

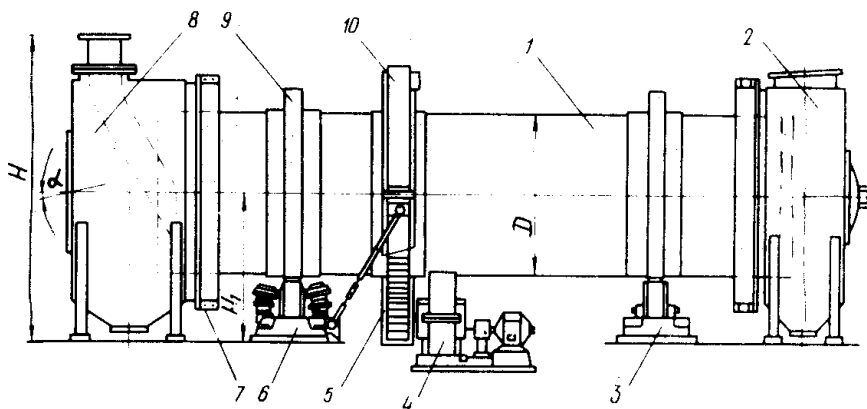


Рис. 28. Барабанная сушилка

1 - барабан; 2 - разгрузочная камера; 3 - группа роликов; 4 - привод; 5 - зубчатый венец; 6 - опора с боковыми роликами; 7 - уплотнение; 8 - загрузочная камера, 9 - бандаж; 10 - кожух

Существуют также конструкции барабанных сушилок, в которых тепло передается через обогреваемую стенку. В качестве сушильного агента используют воздух или дымовые газы. Барабанные сушилки не следует отождествлять с другими типами сушилок, например трубчатыми и шнековыми.

Барабанная сушилка для сушки сыпучих материалов представляет собой цилиндрический барабан 1 (рис. 28), с прикрепленными к нему бандажам 9, опирающимися на группы роликов 3 и приводимых во вращение от привода 4 через зубчатый венец 5, укрепленный на барабане. Мощность Электродвигателя привода барабана зависит от геометрических размеров сушилки и колеблется от 2,5 до 200 кВт. Зубчатая венцовая пара закрывается кожухом 10. Частота вращения барабанных сушилок $n = 1-8 \text{ мин}^{-1}$.

Барабан устанавливается с небольшим наклоном, который регламентирует время пребывания материала и определяется экспериментально или расчетом. Отечественной промышленностью выпускаются барабанные сушилки диаметром 1—3,5 м и длиной 6—27 м, производительностью по испаряемой влаге 0,3-15 т/ч.

Высушиваемый материал подается в загрузочную камеру 8 питателем (на схеме не показан), установленным над точкой. Материал поступает на приемно-винтовую насадку, приваренную под углом 60°. Длина насадки от 700 до 1100 мм в зависимости от диаметра барабана. Число лопастей насадки 8—16. Приемно-винтовой насадкой материал подается на основную насадку. Для равномерного распределения высушиваемого

продукта между двумя вилами насадок делается разрыв от 50 до 250 мм. При вращении барабана лопасти насадки подхватывают материал, поднимают его и сбрасывают. В это время продукт продувается сушильным агентом и высушивается. За счет установки барабана под небольшим наклоном (до 6°) материал постепенно передвигается к разгрузочной камере 2.

Сушильный агент и материал в барабане движутся относительно друг друга прямотоком или противотоком. Во избежание уноса высушиваемого продукта в первом случае скорость газа не должна превышать 3 м/с. Объем барабана заполняется материалом на 20 %.

Сушилки с кипящим слоем. К сушилкам конвективного типа относятся сушилки с так называемым кипящим, или псевдооживленным, слоем. Их широко применяют в химической промышленности для сушки зернистых, сыпучих, а в ряде случаев и пастообразных материалов. Продолжительность сушки материала в кипящем слое резко сокращается. Преимущества этого способа сушки заключаются в интенсивном перемешивании твердых частиц и теплоносителя, в большей площади поверхности контакта фаз, а также в простоте конструкции сушилки.

При подаче воздуха через слой зернистого материала снизу (рис. 29) последний фильтруется. С повышением скорости газа увеличивается давление на частицы и при достижении критической скорости (скорость псевдооживления) частицы поднимаются и хаотически циркулируют в слое. При этом перепад давлений в слое практически становится постоянным. С дальнейшим ростом скорости газа частицы выносятся из слоя частиц (пневмотранспорт).

В состоянии псевдооживления частицы твердого материала интенсивно перемешиваются в слое, в результате чего увеличивается площадь поверхности контакта фаз, а температуры и концентрации во всем объеме выравниваются. Скорость процессов при этом резко возрастает. Таким образом, использование кипящего слоя для сушки материалов позволяет добиться ее равномерности при высокой интенсивности процесса.

Возможность регулирования температуры и времени пребывания материала в сушилке до некоторой степени компенсирует недостаток, связанный с повышенными расходами электроэнергии для создания давления воздуха в 0,003—0,005 кПа (300-500 мм вод. столба).

В сушилках с кипящим слоем обычно сушат продукт с размерами зерен от 0,1 до 5 мм. Как правило, эти сушилки отличаются высокой надежностью. Они могут работать как холодильники для продуктов в потоке холодного воздуха. Сушилки с кипящим слоем делятся по технологическому назначению на периодические, полунепрерывные и непрерывные.

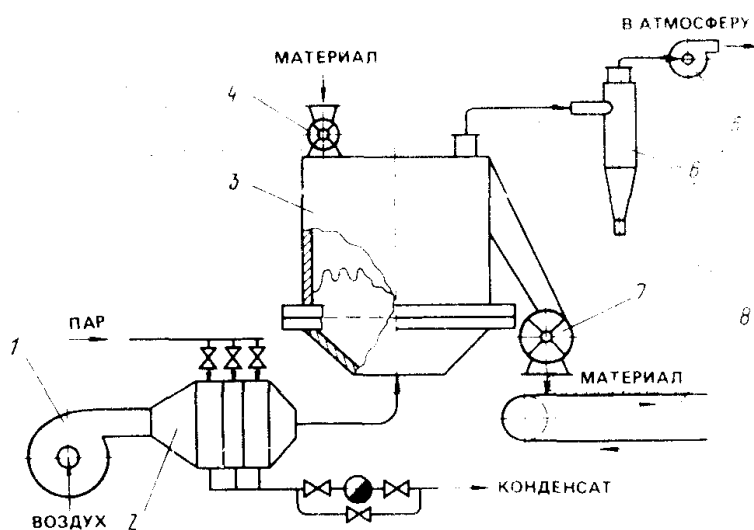


Рис. 29. Схема однокамерной сушилки с кипящим слоем
1 - воздушодувка;
2 - топка; 3 - сушилка; 4 - загрузочное устройство;
5 - дымосос; 6 - циклон; 7 - затвор;
8 - конвейер

Наибольшее распространение получили сушилки непрерывного действия. Сушилки периодического действия используются в основном для мелких производств.

По виду теплоносителя сушилки делятся на воздушные, газовые и воздушно-радиационные, в которых осуществляется дополнительный подвод тепла с помощью инфракрасных излучателей. Сушка производится горячим воздухом либо горячими дымовыми или инертными газами.

Распылительные сушилки. Сушка распылением широко применяется для обезвоживания концентрированных растворов веществ, в результате чего готовый продукт получается в виде порошка или гранул. При этом материал, подлежащий высушиванию, распыливается в сушильной камере при помощи

специальных приспособлений. Вследствие образования капель площадь поверхности материала резко возрастает. При этом сушка происходит мгновенно.

В качестве сушильного агента используют горячий воздух, дымовые и инертные газы. При сушке распылением материал не перегревается и температура на поверхности обычно в пределах 60—70°C. Это объясняется тем, что при малых размерах частиц (до 4—5 мкм) испарение идет очень быстро, и материал не успевает нагреться за то время, пока частица соприкасается с горячими газами, имеющими температуру до 1200°C. Несмотря на то, что время сутки составляет 15—30 с, поверхность материала не пересыхает. Возможна сушка и холодным теплоносителем, когда распиливаемый нагретый материал высушивается в токе холодного воздуха и оседает уже в виде твердых частиц.

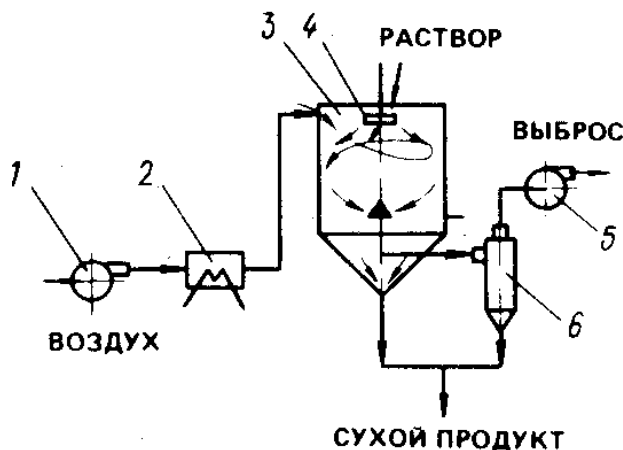


Рис. 30. Общая схема распылительной сушильной установки 1 - воздуходувка; 2 - теплообменник; 3 - сушильная камера; 4 - распылительный диск; 5 - дымосос; 6 - циклон

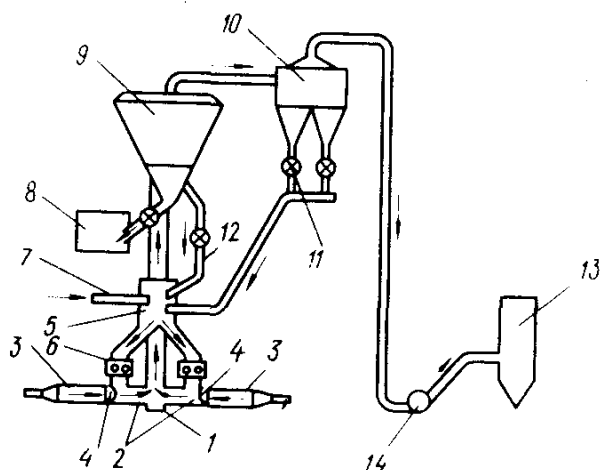


Рис. 31. Схема сушилки со встречными струями 1 - стояк; 2 - разгонные трубы; 3 - камера сгорания; 4 - сопло; 5 - приемораздаточный бункер; 6 - шнековый питатель; 7 - транспортер; 8 - бункер готовой продукции; 9 - воздушно-проходной сепаратор; 10 - батарейные циклоны; 11 - шлюзовые затворы; 12 - трубопровод ретур; 13 - мокрый скруббер; 14 - дымосос

Сушка растворов, перегретых перед распылением, способствует уменьшению размеров сушильных камер. Качество продукта в распылительной сушилке высокое, так как он не подвергается ни окислению, ни термическому разложению. Готовый продукт получается однородным. Производительность установок значительная, они работают в непрерывном цикле, что позволяет провести автоматизацию процесса. Применение распылительных сушилок дает возможность ликвидировать предшествующие процессы фильтрации и центрифугирования, упростить обслуживание сушилок.

Недостатки распылительных сушилок следующие:

- • отсутствие циркуляции теплоносителя, что приводит к повышенному расходу электроэнергии;
- • громоздкость конструкции, большие габариты;
- • сложность распыливающих и пылеулавливающих устройств;
- • сравнительно высокая стоимость сушилки.

Несмотря на перечисленные недостатки, область применения распылительных сушилок непрерывно расширяется.

Схема сушильной установки представлена на рис. 30. Воздух воздуходувкой 1 подается в сушильную камеру 3. Проходит в теплообменник 2. Нагрев может быть паровым, газовым, Центрическим; вместо воздуха могут использоваться дымовые газы. В камере горячий газ встречается с каплями продукта, распыленного с помощью распылительного диска 4. Газ отсасывается дымососом 5, проходя

предварительно через циклон 6, и выбрасывается в атмосферу. В качестве осадительных устройств используются циклоны, рукавные фильтры или орошаемые скрубберы. Распыление осуществляется при помощи вращающихся дисков, механических или пневматических форсунок.

Влагосъем с 1 м³ действующих распылительных сушилок W превышает обычно 10-12 кг. Влагосъем $A = W / V_{\kappa} T$, где W - количество испаряемой влаги, кг; V_{κ} - объем сушильной камеры, м³; T - время сушки, ч.

Ориентировочно считают, что в зависимости от начальной температуры теплоносителя t_r^H влагосъем принимает следующие значения:

$$\begin{aligned} \text{при } t_r^H &= 130-150^{\circ}\text{C} \quad A = 2-4 \text{ кг/}(\text{м}^3 \cdot \text{ч}) \\ t_r^H &= 300-400^{\circ}\text{C} \quad A = 8-10 \text{ " } \\ t_r^H &= 500-700^{\circ}\text{C} \quad A = 10-20 \text{ " } \end{aligned}$$

На рис. 31 представлена схема сушилки со встречными струями (по разработкам НИИКВОВ и ВНИИхиммаш). Обезвоженный на вакуум-фильтрах или центрифугах осадок транспортером подается в приемно-раздаточный бункер 5, туда же поступает высушенный осадок. Смесь равномерно подается в два двухвалковых шнековых питателя 6, с помощью которых продавливается через фильтры в разгонные трубы 2, куда с большой скоростью поступают горячие газы, выходящие из сопел камер сгорания 3. Осадок захватывается потоком газа и выбрасывается через разгонные трубы в стояк сушильной камеры 1. В стояке 1 оба потока сталкиваются, в результате чего происходит измельчение частиц осадка, увеличение суммарной площади поверхности тепло- и массообмена, что способствует интенсивной сушке осадка.

Из сушильной камеры газовая взвесь выносится в воздушно-проходной сепаратор 9, в котором происходит доосушка осадка с одновременным разделением газовой взвеси.

Отходящие газы отсасываются в батарейные циклоны 10 и затем дымососом 14 подаются в мокрый скруббер 23. Высушенный осадок выводится из сепаратора через шлюзовые затворы 11 и подается в бункер готовой продукции. Туда же направляется пыль, уловленная в циклонах.

Для установки в качестве топки применяют камеры сгорания авиационных двигателей, например, РД-3М-50, переведенные на газообразное топливо.

Применяемые в настоящее время сушилки со встречными струями имеют производительность по испаряемой влаге 3--5 т/ч.

2.6. Термические методы обезвреживания минерализованных стоков

Минерализованные отходы широко распространены в химических производствах, теплоэнергетике и других отраслях промышленности.

Наиболее распространенными методами, позволяющими обезвреживать минерализованные стоки являются термические. Здесь возможны следующие направления:

1. Значительное уменьшение объемов стоков при их предельном концентрировании и хранение этих растворов в искусственных или естественных хранилищах;

2. Выделение из стоков солей и других ценных веществ и применение опресненной воды для нужд промышленности и сельского хозяйства.

Процесс разделения воды и минеральных веществ может осуществляться в две стадии: концентрирование исходного раствора и выделение из него сухого остатка. Если осуществляется первая стадия, то концентрированный раствор направляется на дальнейшую переработку или, в крайнем случае, на захоронение. Можно подавать сточные воды, минуя стадию концентрирования, непосредственно на выделение из них сухих веществ, например, в распылительную сушилку или в камеру сжигания, например циклонный реактор.

На первой стадии применяют выпарные установки различных типов: поверхностные, контактные, холодильные концентраторы. На второй стадии -- сушилки, печи и кристаллизаторы.

Установки термического обезвреживания минерализованных вод должны:

- • снижать концентрации вредных веществ в очищенной воде до значений, меньших предельно допустимых;
- • быть надежны в работе и экономичны;
- • иметь высокую производительность;
- • обеспечивать получение пресной воды достаточно хорошего качества.

Концентрирование растворов может осуществляться в испарительных, вымораживающих, кристаллогидратных установках непрерывного и периодического действия. Один из возможных вариантов классификации этих установок приведен на рис. 32.

Сушильные аппараты, применяемые в процессах обработки осадков производственных и бытовых сточных вод, были описаны выше.

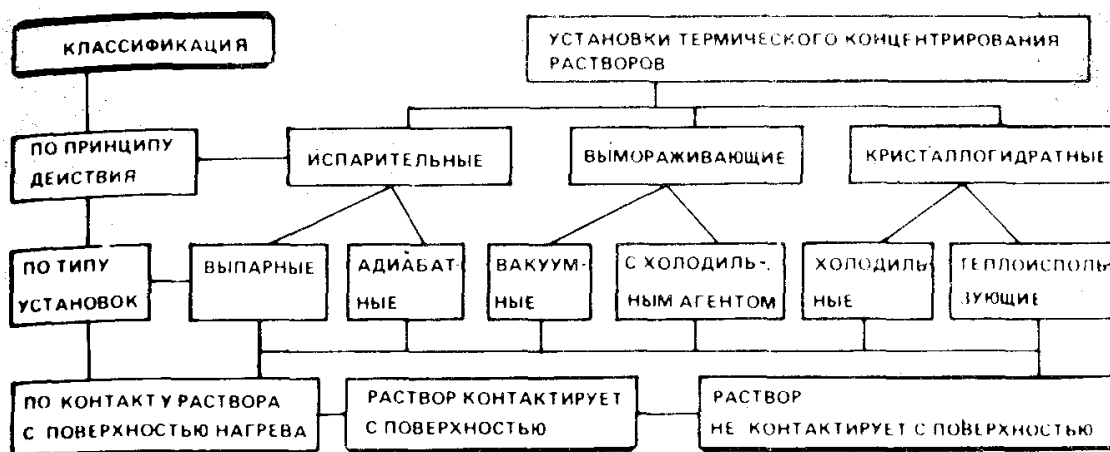


Рис. 32. Классификация установок для термического концентрирования растворов

Принципиальные схемы других аппаратов для концентрирования растворов, их теория и расчет достаточно полно изложены в курсе "Процессы и аппаратуры химических производств", а также в специальной литературе, поэтому сведения о них приводятся далее в самом общем виде.

В *испарительных* установках концентрация раствора повышается вследствие удаления паров раствора при испарении жидкости. Эти установки наиболее распространены в технике концентрирования растворов. Они подразделяются на выпарные установки, в которых кипение осуществляется на поверхности нагрева или в вынесенной зоне, и установки адиабатного испарения, в которых испарение перегретой жидкости происходит в адиабатной камере.

Испарительные установки можно условно подразделить на установки, в которых раствор контактирует с поверхностью нагрева, и установки, в которых раствор не контактирует с поверхностью нагрева. В установках первого типа образуются отложения солей с соответствующим снижением плотности теплового потока и производительности установок. Это обуславливает периодические остановки агрегатов для очистки поверхностей нагрева, что снижает технико-экономические показатели и усложняет их эксплуатацию. Степень концентрирования раствора в них существенно ограничена из-за резкого увеличения отложений с ростом концентрации раствора. Для улучшения условий работы приходится применять специальные меры по снижению отложений.

В установках второго типа тепло передается промежуточному гидрофобному жидкому, твердому или газовому теплоносителю, который затем при непосредственном контакте нагревает или испаряет раствор. Нагретый раствор подается в камеры адиабатного испарения. Степень концентрирования раствора в таких установках существенно повышается, так как опасность отложений на поверхностях нагрева практически исключается.

В установках, использующих методы *вымораживания*, концентрирование минерализованных стоков основано на том, что количество солей в кристаллах льда значительно меньше, чем в растворе, и образуется пресный лед. Вследствие этого по мере образования льда концентрация солей в растворе повышается. Концентрирование минерализованных вод можно также осуществить двумя способами: вымораживанием при испарении под вакуумом либо замораживанием с помощью специального холодильного агента.

В *кристаллогидратных* установках концентрирование сточных вод основано на способности некоторых веществ (фреоны, хлор и др.) при определенных условиях образовывать кристаллогидраты. При этом молекулы воды переходят в кристаллогидраты, а концентрация растворов повышается. При плавлении кристаллов вновь выделяется вода, которая является гидратообразующим агентом. Процесс гидратообразования может происходить при температуре ниже и выше окружающей среды. В первом случае, как правило, необходимо применение холодильных установок, а во втором случае кристаллогидратная установка может использовать низкопотенциальное тепло.

Достоинства вымораживающих и кристаллогидратных установок опреснения и концентрирования заключаются в следующем:

- • низкий расход энергии (9-12 кВт·ч/м³);
- • возможность обезвреживания вод различного состава;
- • использование аппаратов, обеспечивающих концентрирование раствора без его контакта с поверхностью нагрева или охлаждения.

К недостаткам установок следует отнести:

- • увеличение капитальных и эксплуатационных затрат, связанных с процессами кристаллизации, транспортирования, промывки льда (недостаточная интенсивность процессов тепло-массопереноса при небольших температурных напорах);
- • необходимость применения дорогостоящих теплоносителей;

- • невысокая степень концентрирования растворов из-за трудности разделения кристаллов льда и вязкой суспензии;
- • повышение расхода энергии с ростом степени концентрирования вследствие понижения температуры замерзания при увеличении концентрации раствора.

Холодильные и кристаллогидратные методы опреснения и концентрирования минерализованных стоков применяются еще сравнительно редко, но в силу своих положительных качеств могут найти в будущем широкое применение.

7. Термические методы кондиционирования осадков сточных вод

Термическому кондиционированию перед обезвоживанием подвергаются органические осадки городских и промышленных сточных вод, прошедших биологическую очистку. К методу термического кондиционирования относятся тепловая обработка, жидкофазное окисление, замораживание и оттаивание (последнее в основном для кондиционирования осадков водопроводных станций).

Тепловая обработка является одним из перспективных методов кондиционирования. Она применяется для кондиционирования осадков городских и промышленных сточных вод с зольностью 30-40 %. В технологических схемах, завершающихся стадией обезвоживания, ее преимущества, помимо подготовки осадков к обезвоживанию, состоят в обеспечении надежной стабилизации и полной стерилизации осадков.

Варианты этого метода, предназначенные для обработки органических осадков городских сточных вод, получили в последние годы широкое распространение за рубежом. В отечественной практике тепловая обработка осадка находится в стадии освоения и внедрения (Ново-Люберецкая станция аэрации Москвы).

Сущность метода тепловой обработки состоит в нагревании осадков до температуры 150-200°C и выдерживании их при этой температуре в закрытой емкости в течение 0,5—2 ч. В результате такой обработки происходит резкое изменение структуры осадка, около 40 % сухого вещества переходит в раствор, а оставшаяся часть приобретает водоотдающие свойства. Осадок после тепловой обработки быстро уплотняется до влажности 92—94 %, и его объем составляет 20—30 % исходного.

Уплотненный осадок легко обезвоживается на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах. Причем производительность 1 м² этих аппаратов, как правило, выше, а влажность обезвоженного осадка ниже, чем при реагентной обработке. В среднем эти значения составляют соответственно 25—30 кг/ч (65—70%) для вакуум-фильтров и 10-15 кг/ч (40-50 %) для фильтр-прессов. Отделенная на стадиях уплотнения и обезвоживания вода, вследствие распада органического вещества осадка, содержит большое количество растворенных веществ с химической потребностью кислорода (ХПК) около 10 кг на 1 м³. Эта вода обычно возвращается на аэрационные очистные сооружения, что вызывает необходимость увеличения их мощности на 10—15 %. При этом общая стоимость обработки осадка с учетом дополнительных затрат на очистку отделенной воды оказывается на 25—30 % ниже, чем стоимость обработки осадка по схеме "сбраживание — реагентная обработка — механическое обезвоживание".

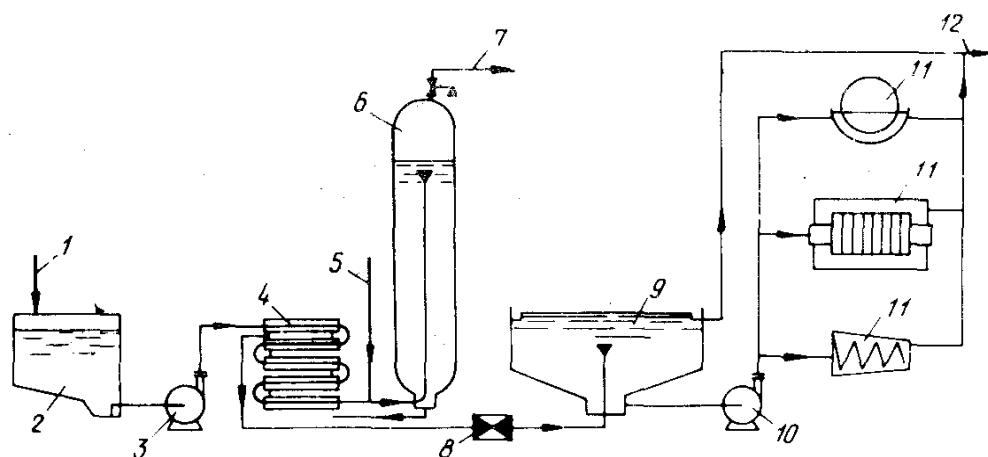


Рис. 33. Технологическая схема тепловой обработки по методу Портеуса

1 - подача исходного осадка; 2 - резервуар-накопитель; 3 - насос высокого давления; 4 - теплообменник; 5 - подача пара; 6 - реактор; 7 - выпуск парогазовой смеси; 8 - устройство для снижения давления; 9 - уплотнитель; 10 - насос; 11 - обезвоживающий аппарат; 12 - отделенная вода (на очистку)

Впервые тепловая обработка была предложена в 1912-1914 гг. в Великобритании, однако тогда этот метод не получил распространения. Практическое внедрение его, относящееся к 1935 г., осуществил английский инженер Портеус, который получил несколько патентов и организовал специализированную фирму. Первые установки наибольшей производительности были построены в г.г. Лутон, Горсхем,

Галифакс (Великобритания). Массовое внедрение обработки осадков началось в основном в 50—60 гг. и продолжается до настоящего времени.

Существуют различные схемы, т.е. различные конструктивные оформления процессов тепловой обработки (тепловая обработка с догревом осадка острым паром, схема с догревом осадка промежуточным теплоносителем и т.д.). Принципиальная схема тепловой обработки по методу Портеуса представлена на рис. 33.

Тепловая обработка осуществляется в теплообменниках и реакторах. В теплообменниках происходит нагрев исходного осадка горячим осадком, прошедшим обработку. Применяются, как правило, многосекционные теплообменники типа "труба в трубе". Их устанавливают в большинстве случаев в закрытом помещении, однако существует несколько примеров расположения их на открытом воздухе. Минимальный диаметр внутренней трубы 80 мм, наружной — 150. Секции теплообменников расположены горизонтально, реже вертикально.

Общая длина труб теплообменников для установки производительностью 18—20 м³/ч составляет около 320 м. Такая установка имеет примерно 90 поворотов на 180°. Время пребывания осадка в теплообменниках составляет 5—10 мин.

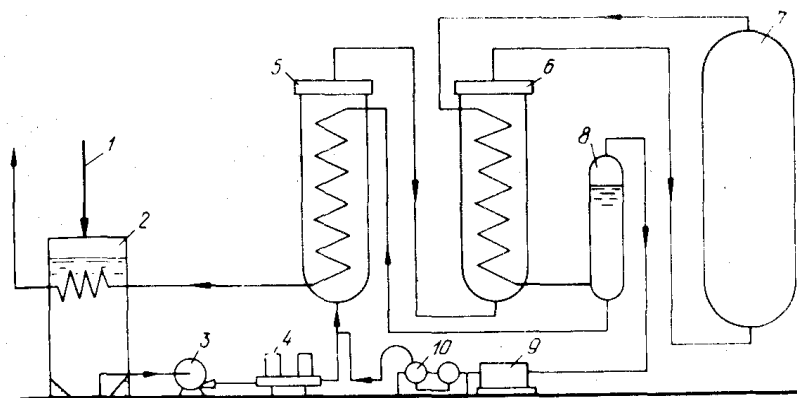


Рис. 34. Технологическая схема процесса жидкофазного окисления

- 1 - подача исходного осадка;
- 2 - приемный резервуар;
- 3 - питательный насос;
- 4 - насос высокого давления;
- 5, 6 - теплообменники;
- 7 - реактор; 8 - сепаратор;
- 9 - турбина; 10 - компрессор

Жидкофазное окисление (метод Циммермана) получило распространение за рубежом в последние 40 лет. Метод наиболее широко применяется в США. Его сущность заключается в окислении органической части осадка кислородом воздуха при высоких температуре и давлении. Эффективность процесса оценивается глубиной окисления органической части осадка (снижением ХПК осадка). Эта величина зависит в основном от температуры обработки. Для окисления на 50 % необходима температура около 200°C, на 70 % и более — 250—800°C. Две трети действующих в настоящее время установок работают при температуре 300°C и давлении 21 МПа (210 кгс/см²), одна треть — при температуре 100—200°C и давлении 1,8-2,4 МПа (18-24 кгс/см²).

Окисление осадка сопровождается выделением тепла. При влажности осадка около 96 % выделенного тепла достаточно для самоподдержания температурного режима и основная энергия затрачивается на подачу сжатого воздуха.

Технологическая схема процесса жидкофазного окисления представлена на рис. 34. Смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила поступает по трубе 1 в приемный резервуар 2, где предварительно нагревается до 40—50°C. Нагретый осадок питательным насосом 3 подается в насос высокого давления 4, который перекачивает его через последовательно установленные теплообменники 5 и 6 в реактор 7. В напорный трубопровод насоса подается сжатый ВОЗДУХ от компрессора 10. На входе в реактор температура паровоздушной смеси составляет около 240°C.

В реакторе в течение 0,5—0,7 ч происходит интенсивное окисление органического вещества осадка кислородом воздуха. При этом выделяется дополнительное тепло, в результате его температура осадка повышается до 300°C.

Горячая смесь продуктов окисления, воздуха и золы удаляется из реактора через теплообменник 6 в сепаратор 8. В теплообменнике смесь частично охлаждается поступающим на обработку осадком.

В сепараторе происходит отделение от жидкой фазы осадка газов, которые выбрасываются в атмосферу или используются в турбогенераторе 9 для приведения в действие компрессора 10, подающего воздух в систему. Зарубежный опыт показал, что турбогенераторы работают с низким КПД (около 30 %), и их применение эффективно на установках большой производительности (около 150—200 т/сут сухого вещества осадка), когда расход энергии на сжатие воздуха крайне высок.

В тех случаях, когда тепло отходящих газов не утилизируется, экономичнее применение более низких параметров обработки. Горячий осадок из сепаратора проходит теплообменник 5 и далее резервуар 2, отдавая тепло осадку, поступающему на обработку.

Охлажденный осадок, поступая в уплотнитель, отстаивается в течение 4 ч. Сливная вода (ХПК 5—6 кг/м³) сбрасывается в аэротенки, а уплотненный осадок влажностью 95 % подается на иловые площадки или

механическое обезвреживание. Производительность вакуум-фильтров по осадку составляет 40—50кг/(м²- ч). Влажность обезвоженного осадка -около 60 %.

Тепловое оборудование сильно подвержено коррозии и требует применения сталей специальных марок. Систему периодически (один раз в 3—4 мес) промывают сначала раствором щелочи (5 %-ный раствор едкого натрия), а затем слабым (0,5 %-ным) раствором кислоты.

Дополнительно тепла на нагрев осадка в процессе работы установки, как правило, не требуется. Установка разогревается паром лишь в период запуска.

2.8. Термическое обезвреживание газообразных выбросов

Очистка промышленных газообразных выбросов, содержащих токсичные вещества, в настоящее время является неременным требованием во всех производствах.

Помимо механических, физико-химических и химических методов очистки газов широко применяют термические методы. Примерный состав продуктов, находящихся в промышленных газообразных выбросах, приведен ниже.

Вид производства	Химический состав газообразных отходов
Переработка нефти	Меркаптаны, сероводород, аммиак, органические соединения азота, оксид углерода
Производство газа из каменного угля	Соединения серы (сероводород, сероуглерод, тиофен, тиолы, серооксид углерода)
Переработка природного газа	Сероводород, меркаптаны
Производство кислот и щелочей	Кислородные соединения азота и серы
Производство минеральных и органических удобрений	Аммиак, соединения серы, фтористый водород, меркаптаны, триметикамин и др.
Химические заводы (по производству смол, лаков, пластмасс, жиров, масел и т.д.)	Формальдегид, амины, амиды, растворители, соединения серы, ацетилен, фенол и др.
фармацевтические заводы, пивоваренные заводы, процессы сбраживания	Амины, восстановленные соединения серы, фурфурол, метанол
Текстильные и бумажные фабрики	Мочевина, продукты распада, крахмала, диметилсульфид

Методы сжигания вредных примесей, способных окисляться, находят все большее применение для очистки дренажных и вентиляционных выбросов. Эти методы выгодно отличаются от других (например, мокрой очистки в скрубберах) более высокой степенью очистки, отсутствием в большинстве случаев коррозионных сред и исключением сточных вод. Как правило, примеси сжигают в камерных топках с использованием газообразного или жидкого топлива. Иногда на практике представляется возможным окислять органические вещества, находящиеся в газовых выбросах, на поверхности катализатора, что дает возможность понизить температуру процесса.

Существует несколько вариантов процесса термического обезвреживания газов в печах с использованием и без использования катализаторов. На рис. 35 показаны возможные варианты такого процесса.

По схеме А отходящие газы поступают на дожигание в печь. В форкамере 2 они нагреваются за счет тепла, образующегося при сгорании топлива в горелке 1, и направляются в Вечь 3, где заканчивается окисление органических примесей. Дымовые газы выбрасываются в атмосферу.

По схеме Б, в отличие от схемы А, для сжигания топлива Используется газ, поступающий на очистку.

По схеме В отходящие газы перед дожиганием предварительно подогреваются за счет тепла дымовых газов в теплообменнике 4.

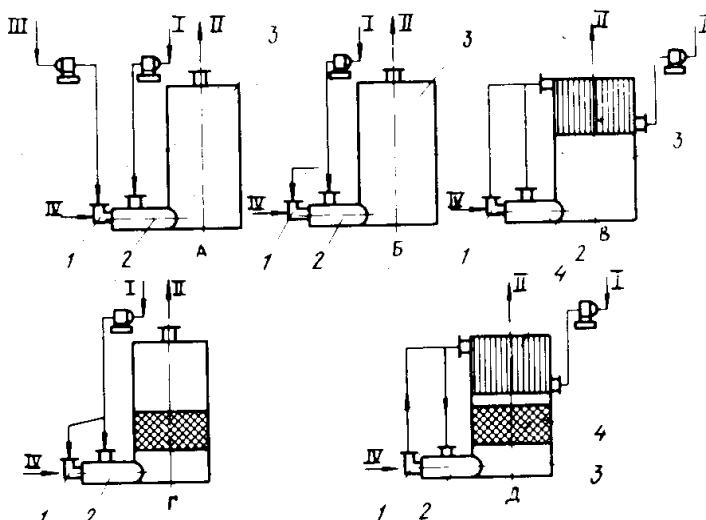


Рис. 35. Схемы возможных вариантов процесса термического обезвреживания газообразных отходов
I - газ на очистку; II - очищенный газ; III - воздух для поддержания
поддержания

горения; IV - топливо; I - горелка; 2 - форкамера; 3 - печь; 4 - теплообменник; 5 - катализатор

Схемы процессов Г и Д аналогичны соответственно схемам Б и В, но в зоне печи 3 для окисления используется еще и катализатор 5.

Каталитическое сжигание используют обычно тогда, когда содержание горючих органических продуктов в отходящих газах мало, и не выгодно использовать для их обезвреживания метод прямого сжигания. В этом случае процесс протекает при 200—300°C, что значительно меньше температуры, требуемой для полного обезвреживания при прямом сжигании в печах и равной 950--1100°C.

Многочисленные исследования, проведенные рядом фирм, в частности "Дегусса" (ФРГ), показали, что щелочные материалы и их соединения, нанесенные на различные носители (например, оксиды металлов), часто оказываются более эффективными и надежными, а также гораздо более дешевыми, чем катализаторы из благородных металлов. На таких катализаторах реакция окисления начинается при невысоких температурах (около 200°C), что значительно повышает возможность их использования для каталитического сжигания газов. В качестве носителя катализатора рекомендуются оксид алюминия, кизельгур и силикаты.

Большое распространение для уничтожения токсичных веществ в отходящих газах получили установки факельного сжигания. К факельным установкам предъявляются высокие требования в отношении обеспечения безопасной и надежной

работы в условиях пожаро- и взрывоопасности химических производств.

Эти требования достигаются:

- • конструкцией устройства для сжигания, обеспечивающей устойчивый режим факела при широких пределах изменения количества и состава сжигаемого газа;
- • строгим соблюдением основных правил безопасной эксплуатации. В зависимости от высоты установки факельной горелки различают низкие факелы высотой приблизительно 4—25 м и высокие факелы, которые достигают в отдельных случаях высоты 100 м и более.

2.9. Механическая обработка твердых отходов

Измельчение отходов. Для тех промышленных отходов, утилизация которых не связана с необходимостью проведения фазовых превращений или воздействия химических реагентов, но которые не могут быть использованы непосредственно, применяются два вида механической обработки: измельчение или компактирование (прессование). Это в равной степени относится к отходам как органического, так и неорганического происхождения.

После измельчения, за которым может следовать фракционирование, отходы превращаются в продукты, готовые для дальнейшего использования. Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием и различными комбинациями этих способов.

Классификация основного оборудования для измельчения твердых продуктов следующая:

- • измельчители раскалывающего и разламывающего действия - щековые, конусные, зубовалковые и другие дробилки;
- • измельчители раздавливающего действия -- гладковалковые дробилки, ролико-кольцевые, вертикальные, горизонтальные и другие мельницы;
- • измельчители истирающе-раздавливающего действия --гнерковые измельчители, бегуны, катково-тарельчатые, шаро-кольцевые, бисерные и другие мельницы;
- • измельчители ударного действия -- молотковые измельчители, бильные, шахтные мельницы, дезинтеграторы и дисмембраторы, центробежные, барабанные, газоструйные мельницы;
- • ударно-истирающие и коллоидные измельчители — вибрационные, планетарные, виброкавитационные и прочие мельницы; реактроны;
- • прочие измельчители (пуансоны, пилы и т.д.).

По размеру кусков исходного сырья и конечного продукта измельчение условно делят на несколько классов, исходя из которых выбирают измельчающее оборудование. Приблизительная характеристика принятой классификации измельчения приведена в табл. 2.2.

2.2. Классификация методов измельчения

Класс измельчения	Размер кусков до измельчения, мм	Размер кусков после измельчения, мм
-------------------	----------------------------------	-------------------------------------

Дробление		
крупное	1000	250
среднее	250	20
мелкое	20	1-5
Помол		
грубый	1-5	0,1-0,04
средний	0,1-0,04	0,005-0,015
тонкий	0,1-0,02	0,001-0,005
коллоидный	-0,1	-0,001

Техническая характеристика пресса ПУ-1:

Усилие прессования, т	40
Внутренние размеры, мм	920x520x1615
Размеры кипы, мм	950x550x (700–1200)
Мощность электродвигателя, кВт	4,5
Масса, кг	1880

В СССР и за рубежом для измельчения промышленных и бытовых отходов применяют различные измельчители, работающие по принципам, описанным выше. Их можно классифицировать по следующим признакам: конструкция и частота вращения рабочих органов; вид разрушающей нагрузки, линейные размеры частиц до и после дробления.

Естественно, что в процессе утилизации отходов главным является последний признак, определяющий конструкцию рабочих органов, частоту вращения и вид разрушающей нагрузки, т.е. конструкцию дробилки.

При выборе тех или иных измельчителей необходимо учитывать ряд факторов, главными из которых являются вид и характер отходов, их размеры и количество, необходимая степень измельчения и конечный размер дробленого материала, особые свойства измельчаемых отходов. Иногда, если необходимо измельчить очень крупные отходы, их предварительно режут, используя дисковые пилы и ленточнопильные станки на более мелкие куски, которые могут быть далее измельчены на стандартном оборудовании вплоть до самой тонкой фракции помола. Например, для переработки кусковых отходов лесопиления и деревообработки в технологическую щепу используются рубильные машины следующих марок:

МРН-25 - производительность 25 плотных м³/ч, проходное сечение загрузочного патрона 250x250 мм; диаметр диска 1270 мм; частота вращения диска 740 мин⁻¹; число ножей 16; мощность электродвигателя 75 кВт (щепы предназначается для целлюлозно-бумажного производства);

МРН-30 Н — производительность 30 плотных м³/ч; максимальный размер поперечного сечения камеры 220 мм при длине до 1600 мм; диаметр диска 1270 мм; частота вращения диска 740 мин⁻¹; мощность электродвигателя 8,9 кВт; машина предназначена для переработки короткомерных отходов лесопиления и деревообработки.

Для получения более мелких частиц, например, в процессе приготовления компоста, используют молотковые шахтные мельницы типа ММТ и ММА, выпускаемые Черновицким машиностроительным заводом [25].

Шахтная мельница (рис. 36) представляет собой молотковую дробилку, материал из которой эвакуируется восходящим потоком воздуха. Корпус мельницы монтируется на отдельном фундаменте и соединен с двигателем упругой муфтой. Ротор вращения - в опорно-упорных подшипниках. На роторе шарнирно закреплены билодержатели и билы. Изнутри к корпусу крепятся съемные бронеплиты. Со стороны за-грузки в корпусе предусмотрены закрывающиеся люки для ревизии бил и билодержателей.

К достоинству конструкции следует отнести возможность доизмельчения недостаточно измельченных частиц, которые пневматически возвращаются в корпус мельницы. Основная сложность при эксплуатации дробилок и шахтных мельниц связана с необходимостью периодической замены изнашиваемых элементов.

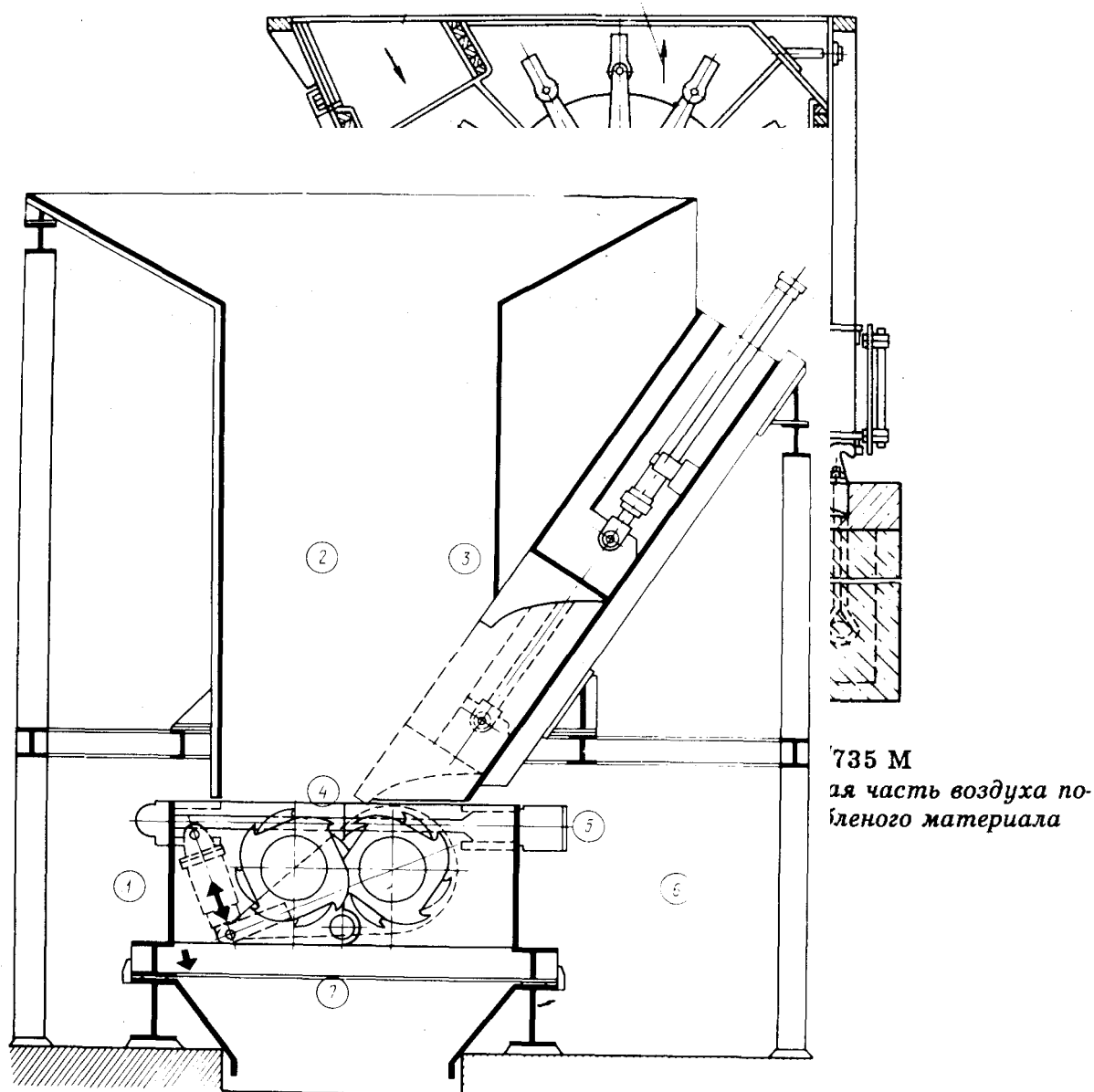


Рис. 37. Дробилка типа РО
 1 - корпус; 2 - бункер; 3 - гидравлический толкатель; 4 - литые валы; 5 -
 противоперегрузочное устройство; 6 - полость для обслуживания; 7 - бункер

Другим примером специализированной универсальной дробилки для ПО и бытового мусора является роторная дробилка типа РО, выпускаемая в ФРГ (рис. 37). Дробилка предназначена для измельчения отходов древесины, пластмасс, обрезков листового алюминия и других металлов, затвердевших лаков и красок, упаковочной тары, резины, обрезков кабелей и т.д.

На станине смонтирован корпус дробилки 1, в котором расположена пара валов 4 с выступающими заостренными кромками. Кромки одного вала входят в промежуток между режущими кромками второго. В процессе работы валы медленно вращаются навстречу друг другу. Загружаемые отходы поступают в приемный бункер 2 и прижимаются к валам 4 при помощи гидравлического толкателя 3. Захватываемый зубьями валов материал испытывает режущее, раскалывающее и разламывающее воздействие, измельчается и падает в бункер 7, откуда удаляется для классификации и дальнейшей переработки. Во избежание поломки валов предусмотрено противоперегрузочное устройство 5 в полости для обслуживания 6.

Для получения мелкой крошки, например в процессе переработки отходов пластмасс, часто используют роторно-ножевые измельчители (рис. 38). В них измельчение происходит в узком зазоре между неподвижными ножами, закрепленными внутри статора, и ножами, установленными на вращающемся роторе. Этот метод пригоден для получения крошки диаметром частиц до 2 мм, при этом размер крошки

регулируется сменными решетками с различными диаметрами отверстий. В большинстве дробилок такого типа подвижные ножи смонтированы на горизонтальном роторе, и число их может меняться.

Молотковые дробилки с горизонтальной осью фирмы "Гондард" (Франция) предназначены для измельчения широкого спектра отходов, включая пластмассы, жестяные банки и т.п. Отходы измельчаются в зазорах между молотками и решетками. Производительность дробилки 10—15 т/ч.

Фирма "Альпине" (ФРГ) выпускает такие дробилки Ротоплекс с вертикальной осью ротора. При небольших габаритах они имеют высокую производительность и способны перерабатывать громоздкие и объемные отходы.

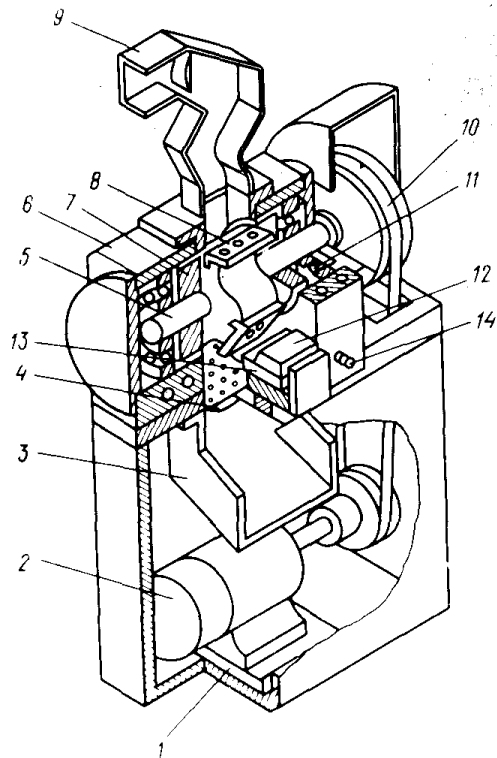


Рис. 38. Роторно-ножевой измельчитель с водяным охлаждением

1 - поворотная плита; 2 электродвигатель; 3 - лоток; 4 - съемная калибрующая решетка; 5 - ро-лор; 6 - статор; 7 - маслоотражатели; 8 - ножи ротора; 9 - загрузочный бункер; 10 - маховик; 11 - упорные подшипники; 12 - массодробители; 13 - регулируемые ножи статора; 14 - штуцер для подачи воды

Молотковые дробилки с вертикальной осью фирмы "Толемар" при мощности 149 кВт могут перерабатывать 10—15 т, включая шины с металлокордом [30].

Более высокая дисперсность в процессе измельчения может быть достигнута при использовании измельчителей (мельниц) других конструкций, которые основаны на ударном, ударно-режущем или ударно-импульсном действии.

Один из недостатков, возникающих при измельчении вязких, упругих и вязкоупругих материалов (резина, некоторые виды термопластов и др.), заключается в том, что при комнатной температуре энергозатраты на их переработку очень велики, хотя непосредственно на измельчение расходуется не более 1 % энергии, основная же ее часть преобразуется в теплоту. Поэтому в последние 15—20 лет все большее применение находит техника криогенного измельчения, которая позволяет охлаждать материал ниже температуры хрупкости. Как правило, в качестве охлаждающего агента используют жидкий азот, имеющий температуру - 196°C, что ниже температуры хрупкости большинства полимерных материалов.

При таком способе дробления резко возрастает степень измельчения, повышается производительность процесса, снижаются удельные энергозатраты, предотвращается окисление продукта.

При необходимости получения особой тонины помола, например, в конечной стадии процесса регенерации лакокрасочных отходов, применяют ударно-истирающие измельчители.

На рис. 39 показана вибрационная мельница с внутренним вибратором, предназначенная для измельчения материалов с исходным размером частиц 1-2 мм до 1-5 мкм. Высокая степень измельчения и такая дисперсность продуктов измельчения достигаются как за счет самого способа обработки (удар с истиранием), так и за счет состояния материала в из мельнителе. Частицы материала все время находятся во взвешенном состоянии и вибрируют. За счет соударения вибрирующих шаров, заполняющих корпус мельницы, а также их взаимного перемещения происходит интенсивное измельчение поступающего в корпус материала.

Более тонкую степень помола (порядка единиц или даже долей мкм) можно получить только в коллоидных мельницах различных вариантов. Прессование и компактирование отходов. Механическое прессование и компактирование твердых отходов (промышленных и бытовых, органических и неорганических) является одним из основных методов уменьшения их объема с целью более рационального использования автомобильного и Железнодорожного транспорта, перевозящего отходы к местам их утилизации и складирования.

Прессование не только уменьшает объем отходов, но и в ряде случаев повышает рациональность их дальнейшего использования. Например, прессование металлической стружки в кипы приводит к снижению потерь металла на угар в процессе плавки в вагранках и доменных печах.

Брикетирование древесных отходов повышает теплоту сгорания опилок и стружки. Плотные брикеты могут использоваться в качестве твердого топлива.

Производительность варочных котлов в гидролизном производстве увеличивается при загрузке этих котлов не опилками, а опилочными брикетами. Брикетирование опилок целесообразно при их транспортировании, так как повышается вместимость транспортных средств и облегчаются погрузочно-разгрузочные операции.

Процессы предварительного уплотнения с целью повышения производительности стадии измельчения иногда необходимо применять для тех отходов, которые обладают низкой насыпной плотностью (например, отходы пенопластов, пленочные обрезки и т.д.). Для уплотнения таких отходов используют дисковые уплотнители, представляющие собой гра-нуляторы с фрикционными дисками, один из которых вращается, а другой неподвижен. Спекание и уплотнение отходов происходит за счет теплоты трения, образующейся при вращении диска.

Для брикетирования черного металлолома используют пакетирующие прессы Б 132 и БА 1330 отечественного производства. Особенность работы этих прессов в том, что прессование осуществляется последовательно в трех плоскостях, в результате чего получают прочные компактные брикеты. Пресс содержит камеру прессования с несколькими плунжерами, гидравлическую аппаратуру с баком для масла, механизм загрузки камеры.

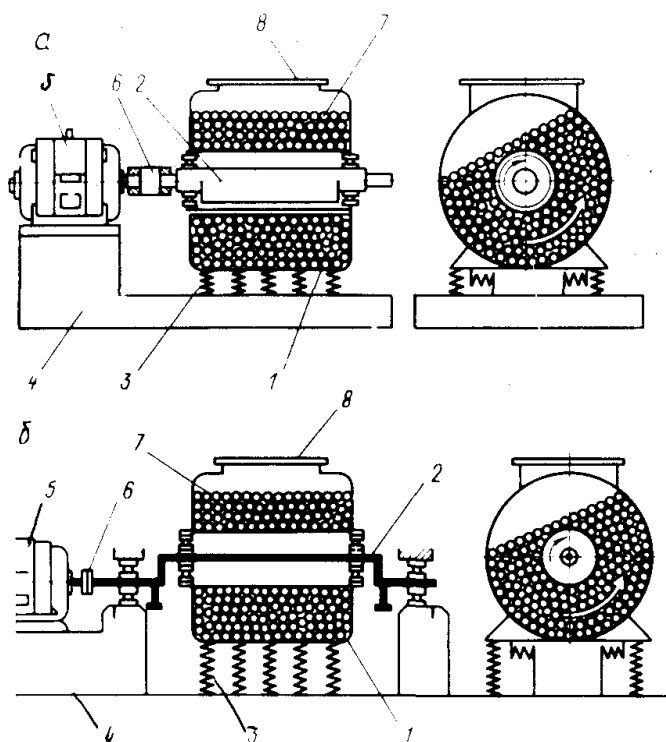


Рис. 39. Схема вибрационной мельницы с внутренним вибратором
а - инерционным; б - вибрационным; 1 - корпус 2 - вибратор; 3 - опоры; 4 - рама; 5 - электродвигатель; 6 - муфта; 7 - измельчающие тела (шары); 8 - люк

На рис. 40 показана схема прессы шведской фирмы "Пресона" марки LP40ЕН для прессования отходов бумажной, легкой и других отраслей промышленности производительностью 140 м³/ч загружаемого материала объемной массой от 0 до 30 кг/м³.

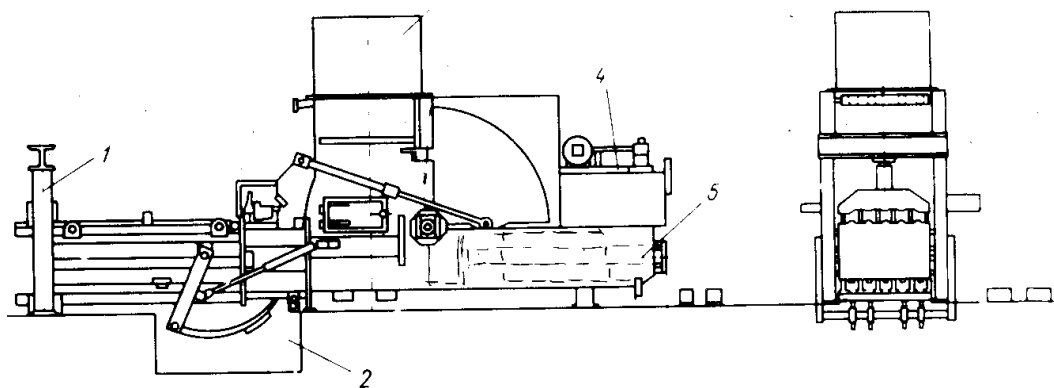


Рис. 40. Схема пресса LP 40EH 1 - упорная плита; 2 - выгрузка кип; 3 - загрузка отходов; 4 - привод; 5 - толкатель

Для уплотнения отходов швейного производства и других сухих Материалов у нас в стране выпускаются вертикальные Прессы ПУ -1 и ПУ -2. Однокамерный винтовой пресс модели ПУ -1 состоит из рамы, прессующей платформы, привода, камеры и тележки. Материал загружают через откидную стенку в установленный на тележке ящик (прессовальную камеру) и вместе с тележкой заводят в пресс. Специальные направляющие обеспечивают точную установку ящика под нажимной платформой. После завершения прессования боковые стенки ящика опускаются на вторую тележку, а оставшаяся между нажимной платформой и тележкой кипа перевязывается проволокой. Далее нажимная платформа поднимается, из под нее вывозится тележка с заполненным новым ящиком.

Техническая характеристика пресса ПУ -1:

Усилие прессования, т	40
Внутренние размеры, мм	920x520x1615
Размеры кипы, мм	950x550x(700--1200)
Мощность электродвигателя, кВт	4,5
Масса, кг	1880

Двухкамерный пресс ПУ - 2 предназначен для прессования кип из текстильного лоскута. Пресс устанавливают стационарно, он обеспечивает одновременное прессование двух кип массой 80" 100 кг каждая. Камера прессования разделена металлическим листом на две части, каждая из которых имеет по две откидные дверцы для удобства выемки готовых кип. Скорость движения прижимной плиты регулируется в пределах 1—1,6 м/мин. Пресс обслуживают двое рабочих. Масса пресса - 1507 кг.

Более легкий вертикальный пресс ПШ -3 предназначен для прессования шерсти. Кипы материала связываются проволокой или зашиваются в мешковину. Пресс легко разбирается и транспортируется в автомобиле. Производительность его за смену 2-2,5 т.

Для прессования сена, соломы, бумаги и т.п. материалов Промышленностью выпускаются горизонтальные прессы ПСМ -5 и ПСМ -5А. Прессы установлены на колесах и не нуждаются в специальном фундаменте; они оборудованы транспортером для подачи материала в приемную воронку и Вабиватели, а также устройством для увязки готовых тюков проволокой. Производительность пресса ПСМ =5-5 т/ч.

В настоящее время за рубежом, особенно в странах Западной Европы, широкое распространение получила сеть перегрузочных станций, на которые от домовладений и предприятий обычными мусоровозами привозится бытовой и промышленный мусор. На этих станциях мусор разгружается в воронки прессующих устройств и откуда уже в значительно уменьшенном объеме выталкивается в специальные металлические контейнеры. Прессование отходов позволяет значительно сократить количество требуемого автотранспорта, что особенно выгодно при перевозке отходов на большие расстояния.

Прессование при высоких давлениях — один из способов улучшения условий эксплуатации полигонов (свалок). Уплотненные отходы дают меньшее количество фильтрата и газовых выбросов, при этом снижается вероятность возникновения пожаров, эффективнее используется земельная площадь полигона.

Ряд зарубежных фирм ("Американ хойастенд деррик", японская -- "Тэзука косан" и др.) выпускают для прессования отходов на свалках уплотнители. Есть решения по использованию спрессованных блоков отходов в качестве крупных строительных элементов, например, при строительстве дамб. В этом случае отходы заключают в проволочную сетку и покрывают расплавленным асфальтом или полимерной пленкой [30].

Сепарация отходов. В ряде случаев переработка измельченных отходов должна сопровождаться их разделением на фракции. Для разделения кусковых и сыпучих материалов применяют различные способы:

- • просеивание или грохочение;

- • разделение под действием гравитационно-инерционных сил;
- • разделение под действием гравитационно-центробежных сил.

В первом случае разделение на фракции осуществляется путем использования различных конструкций сит, решеток и грохотов. Во втором и третьем случаях разделение измельченных продуктов на классы или выделение целевого продукта осуществляется методом раздельного высаживания частиц из несущей среды под действием гравитационно-инерционных или гравитационно-центробежных сил. В качестве несущей среды при сухом измельчении чаще всего применяют воздух, реже дымовые или инертные газы, а при мокром — воду. Разделение сыпучих материалов под действием гравитационно-инерционных сил производится в газовых осадителях и гидравлических классификаторах, а под действием гравитационно-центробежных сил — в сепараторах циклонного типа, с вращающимися лопастями и т.п.

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

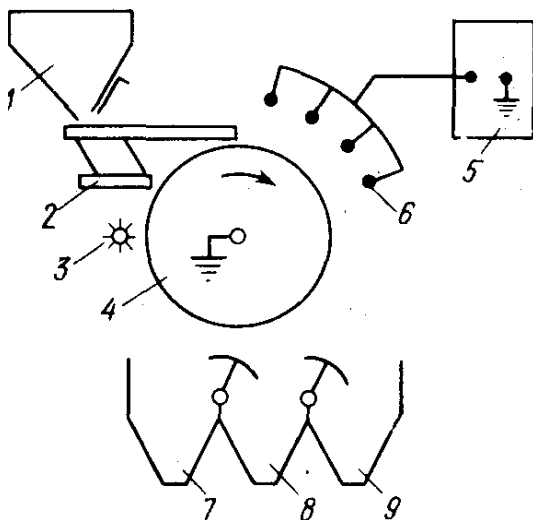


Рис. 41. Принципиальная схема электрического сепаратора с коронирующей системой

1 - бункер; 2 - вибропитатель; 3 - щетка; 4 - вращающийся заземленный электрод (барабан); 5 - источник высокого напряжения; 6 - коронирующие электроды; 7-9 - бункеры

Если отходы содержат примеси цветных металлов, обычно используют электросепарацию. На рис. 41 показана принципиальная схема электрического сепаратора с коронирующей системой для разделения цветных металлов и полимерных отходов. Смесь, подлежащая разделению, подается на заземленный электрод - барабан 4, который перемещает частицы в зону действия коронирующих электродов 6. В результате частичного пробоя воздуха в межэлектродном пространстве образуются ионы, которые передают заряд частицам металла и полимера. Металлические частицы быстро разряжаются, отрываются от барабана и попадают в бункер 8. Полимерные отходы сохраняют заряд длительное время и притягиваются к барабану до тех пор, пока не счищаются с него щеткой 3, после чего попадают в бункер 7.

Разработаны также индуктивные приборы, позволяющие удалять немагнитные металлы в электромагнитном поле. В верхней части прибора расположена катушка индуктивности, содержащая электромагнитное поле высокой частоты. Электропроводящие частицы изменяют это поле, и возникающий сигнал через усилитель включает электромагнит управления заслонкой. Порция материала с посторонними металлическими включениями удаляется из общего массопотока, после чего заслонка возвращается в исходное положение. Производительность индуктивных сепараторов фирмы "Кондукс" (США) при насыпной плотности отходов 500 кг/м^3 достигает 8000 кг/ч .

2.10. Механическое обезвреживание осадков промышленных сточных вод

В процессе очистки сточных вод образуются осадки, объем которых составляет от 0,5 до 1 % объема сточных вод для станций совместной очистки бытовых и производственных сточных вод и от 10 до 30 % для локальных очистных сооружений. Условно осадки можно разделить на три основные категории -- минеральные осадки, органические осадки и избыточные активные илы. Основные задачи современной технологии обработки состоят в уменьшении их объема и в последующем превращении в безвредный продукт, не вызывающий загрязнения окружающей среды.

В осадках содержатся соединения кремния, алюминия, железа, оксида кальция, магния, калия, натрия, никеля, хрома и др. Химический состав осадков оказывает большое влияние на их водоотдачу. Соединения железа, алюминия, хрома, меди, а также кислоты, щелочи и некоторые другие вещества, содержащиеся в

производственных сточных водах, способствуют интенсификации процесса обезвоживания осадков и снижают расход химических реагентов на их коагуляцию перед обезвоживанием. Масла, жиры, азотные соединения, волокнистые вещества, наоборот являются неблагоприятными компонентами. Окружая частицы осадка, они нарушают процессы уплотнения и коагуляции, а также увеличивают содержание органических веществ в осадке, что сказывается на ухудшении его водоотдачи.

Механическое обезвоживание осадков промстоков может производиться экстенсивными и интенсивными методами. Экстенсивные методы осуществляются в различного рода уплотнителях, интенсивное обезвоживание и сгущение производится при помощи фильтрования, центрифугирования, гидро-циклонирования и т.п.

Фильтрование представляет собой процесс отделения твердых веществ от жидкости, происходящий при разности давлений над фильтрующей средой и под ней. Для обезвоживания осадков и шламов обычно используют вакуум-фильтры и фильтр-прессы. Фильтрующей средой на фильтрах является фильтровальная ткань и слой осадка, прилипающий к ткани и образующий в процессе фильтрования дополнительно фильтрующий вспомогательный слой, который собственно и обеспечивает задержание мельчайших частиц суспензии. По мере увеличения слоя роль фильтрующей перегородки (ткани) сводится лишь к поддержанию фильтрующего вспомогательного слоя. Увеличение толщины слоя обеспечивает улучшение качества фильтрата, но в то же время в результате увеличения сопротивления прохождению воды через поры и капилляры кека уменьшается скорость фильтрации.

Фильтруемость суспензий характеризуется удельным сопротивлением осадка. В данном случае под осадком имеется в виду слой кека, отлагающегося на фильтровальной перегородке при фильтровании суспензий.

Удельным сопротивлением осадка называется сопротивление единицы массы твердой фазы, отлагающейся на единице площади фильтра при фильтровании под постоянным давлением суспензии, вязкость жидкой фазы которой равна единице.

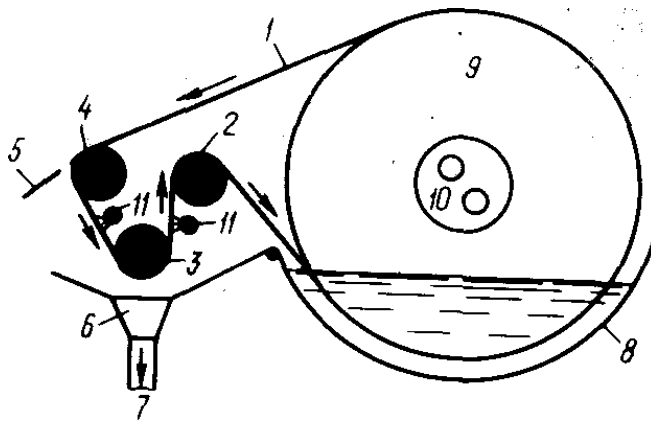


Рис. 42. Схема вакуум-фильтра с непрерывной регенерацией фильтровальной ткани
1 - фильтровальная ткань; 2 - возвратный ролик; 3 - натяжной ролик; 4 - разгрузочный ролик; 5 - нож для сдвига кека; 6 - желоб промывной воды; 7 - отвод промывной воды; 8 - корыто фильтра; 9 - барабан фильтра; 10 - распределительная головка; 11 - трубы с насадками для промывки ткани

Удельное сопротивление осадка, характеризующее сопротивление фильтрации и фильтруемость (водоотдачу) осадков, определяют по формуле

$$i = (2 P F^2 / \eta c') b ,$$

где P - давление (вакуум), при котором происходит фильтрование; F - площадь фильтрующей поверхности; η - вязкость фильтрата; c' - масса твердой фазы кека, отлагающегося на фильтровальной перегородке при получении единицы объема фильтрата; $b = t/U^2$ — параметр, получаемый опытным путем (t - время фильтрации); U - объем выделяемого фильтрата.

Среди фильтрующих аппаратов наиболее распространены барабанные вакуум-фильтры. Они выпускаются в вариантах без сходящего фильтрующего полотна и со сходящим полотном.

Вакуум-фильтр со сходящим полотном (рис. 42) состоит из горизонтально расположенного цилиндрического полого барабана 9, частично (на 35—40 %) погруженного в корыто 8 с фильтруемой суспензией. Разделенный внутри на изолированные секции барабан вращается на валу, один конец которого соединен с электроприводом, а другой имеет распределительную головку 10. Назначение последней заключается в поочередном сообщении отдельных секций барабана с вакуумной и напорной линиями. При вращении барабана часть его поверхности погружена в находящуюся в корыте 8 суспензию. Фильтрат под действием вакуума проходит через фильтровальную ткань секции барабана и отводится наружу, кек, задержанный на фильтровальной ленте, подсушивается при помощи вакуума и отдувается сжатым воздухом.

Фильтровальная ткань 1 при вращении барабана сходит на систему роликов 4, 3 и 2. При прохождении ее через разгрузочный ролик 4 кек отделяется от ткани и снимается ножом 5. При этом происходит одновременная отдувка кека и очистка ткани сжатым воздухом, подающимся в полый ролик 4. При движении ткани от ролика 4 к натяжному и возвратному роликам 3 и 2 происходит промывка ее с обеих сторон водой, подающейся под давлением из насадок 11. Ролики 3 и 2 самоустанавливающиеся, благодаря чему ткань на барабане всегда натянута должным образом. При недостаточной регенерации фильтровальной ткани в разбрызгивающую систему вместо воды может подаваться ингибированная соляная кислота.

Барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном наиболее совершенные аппараты этой категории. Преимуществами этих фильтров являются не только хорошая регенерация ткани, но и возможность отделять достаточно тонкие слои осадка (1—3 мм), что позволяет увеличить частоту вращения барабана и за счет этого повысить производительность установки в 1,2—2 раза по сравнению с обычными барабанными фильтрами. Показатели работы барабанных вакуум-фильтров приведены в табл. 2.3.

Кроме барабанных, в технике обезвоживания осадков промышленных сточных вод применяются дисковые и ленточные вакуум-фильтры. Фильтровальные элементы дисковых фильтров выполнены в виде набора вертикальных дисков, обтянутых с обеих сторон фильтровальной тканью. Диски крепятся на горизонтально вращающемся валу, внутри которого расположены отводящие коллекторы. Секторные ячейки дисков присоединены к отводящим коллекторам. Число дисков в фильтре достигает 12, а общая поверхность фильтрования в зависимости от типоразмера измеряется от 9 до 102 м. Наибольшее распространение дисковые фильтры получили при обработке осадков сточных вод предприятий черной металлургии и угольной промышленности.

Ленточные вакуум-фильтры применяют преимущественно для обезвоживания быстро расслаивающихся осадков с неоднородной крупностью частиц, таких как окалины, осадки газоочисток доменного и конвертерного газов и т.п.

Ленточный вакуум-фильтр (рис. 43) состоит из бесконечной резиноканевой ленты 6, натянутой на двух барабанах 3, и фильтровального стола 5. Посреди стола по всей его длине имеется щелевое отверстие, сообщающееся с расположенной ниже вакуумной камерой. Рабочая поверхность ленты имеет поперечные и продольные сквозные прорезы 9. На ленту 6 укладывают фильтровальную ткань 1 и закрепляют в пазах резиновым шнуром 11. Верхняя рабочая ветвь ленты протягивается по фильтровальному столу так, что ее продольные прорезы совпадают с щелевым отверстием стола 9. Фильтрат, образующийся в процессе обезвоживания, отводится с внутренней стороны ткани по поперечным пазам ленты и через продольное отверстие поступает в вакуумную камеру и сборный коллектор. Края верхней рабочей ветви ленты заггибаются кверху направляющими 10, так что лента принимает форму желоба или корыта. Преимуществом ленточного вакуум-фильтра является то, что направление движения потока при фильтровании совпадает с направлением действия силы тяжести. При фильтровании быстро осаждающихся суспензий сначала осаждаются грубые частицы, образуя крупнокристаллический слой, через который идет дальнейшее фильтрование. Это создает оптимальные условия для процесса и повышает его скорость. К недостаткам ленточных вакуум-фильтров следует отнести их сравнительно большие габариты.

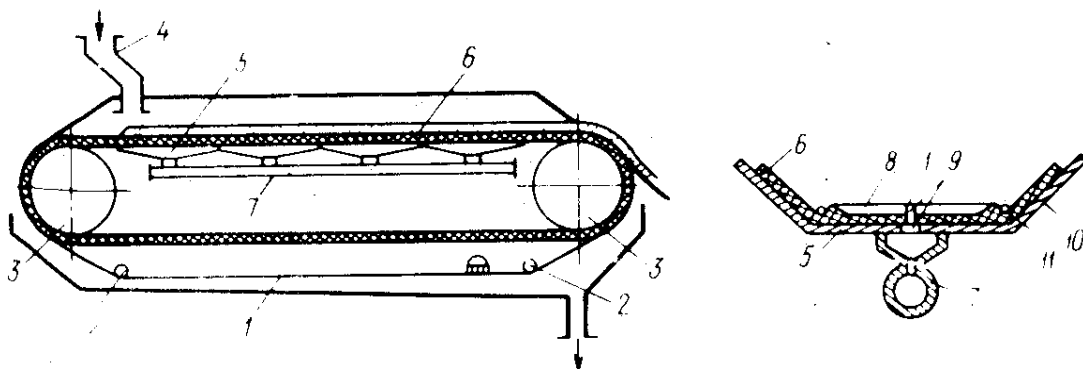


Рис. 43. Ленточный вакуум-фильтр

1 - фильтровальная ткань; 2 - направляющие для фильтровальной ткани; 3 - барабаны; 4 - лоток для подачи осадка; 5 - фильтровальный стол; 6 - прорезиненная лента; 7 - сборный коллектор фильтрата; 8 - поперечный желоб для отвода фильтрата; 9 - продольная прорезь; 10 - направляющие для ленты; 11 - резиновый шнур

2.3. Показатели работы барабанных вакуум-фильтров

Осадок сточных вод	Доза химических реагентов, %	Исходная влажность, %	Удельная производительность, кг/(м ² ·ч)	Влажность обезвоженного осадка, %
Городских	2–9	93–97,5	8–40	12–87
Сероулавливающих установок агломерационных фабрик	–	50–90	35–90	27
Станций нейтрализации металлообработывающих предприятий	–	84–92	3,5–5,5	66–87
Свинцово-цинковых заводов	–	70–80	75–125	65–68
Аккумуляторных заводов	Полиакриламид (ПАА) – 0,1–0,16 CaO – 2	94–95	20–25	78–81
Предприятий обработки цветных металлов	–	98	23	42
Цехов гальванических покрытий машиностроительных заводов	ПАА – 0,1–0,33	95	20	81–85
Систем газоочистки печей:				
доменных	–	60–80	60–100	25–35
конвертерных	ПАА–0,01	60–70	100–180	25–38
Производств фосфорных удобрений	–	90–96	11–24	76–80
Целлюлозно-бумажных предприятий	FeCl ₃ – 10–60, CaO – 20	96–98	13–20	87–95
Фабрик первичной обработки шерсти	Al ₂ (SO ₄) ₃ – 3–6, CaO – 10–13	98,6	35–45	52–58
Производство синтетических каучуков	–	97–98	9–21	75–80
Гидролизно-дрожжевых заводов	FeCl ₃ – 2, CaO–15	92–96	3–6	73–75
Химических заводов	–	95	20–30	68–70
Производства пластмасс "Галалит"	–	96–97,5	15–16	84
Производств вискозного волокна	FeCl ₃ – 3–6, CaO – 3–6	97–97,5	8–10	80–85
Производств искусственного волокна	FeCl ₃ или Fe ₂ SO ₄ – 8–14, CaO – 2,5	98,5	5–6,5	93,5
Нефтеперерабатывающих заводов	FeCl ₃ или FeSO ₄ – 2–6, CaO – 2–5	96,4	16–30	85–87

Другим распространенным оборудованием для обезвоживания осадков является фильтр-пресс. Для этих целей наиболее широко применяют рамные и камерные фильтр-прессы, аппараты типа ФПАКМ и ленточные фильтр-прессы.

Из всех известных механических обезвоживающих устройств фильтр-прессы дают осадок с самой низкой влажностью. Производительность их несколько ниже, чем у вакуум-фильтров при равных условиях кондиционирования.

Рамные и камерные фильтр-прессы являются наиболее старыми и широко известными аппаратами периодического действия, которые, благодаря введению систем автоматизации, усовершенствованию конструкции, применению новых фильтровальных тканей и конструкционных материалов, увеличению площади поверхности и фильтрации (в некоторых вариантах до 1000 м²), получили в настоящее время широкое распространение для обезвоживания осадков городских и промышленных сточных вод.

Обычный фильтр-пресс с вертикальными рамами состоит из чередующихся плит и рам одинаковых размеров, опирающихся боковыми ручками на две параллельные направляющие. Между соприкасающимися поверхностями плит и рам имеются тканевые фильтровальные перегородки.

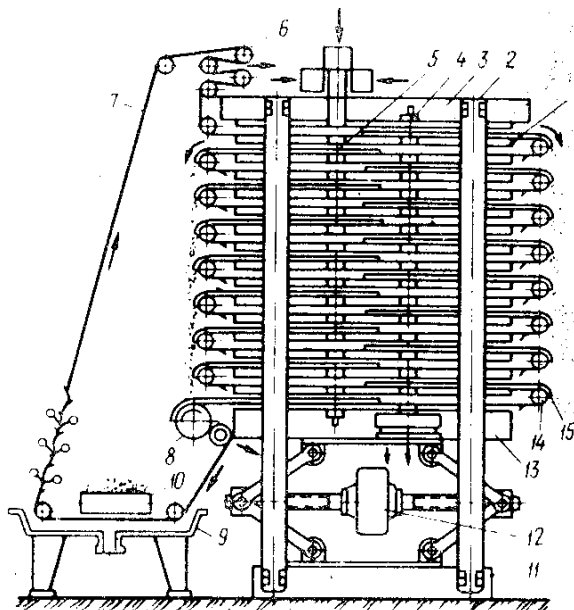


Рис. 44. Схема фильтр-пресса 1 - фильтрующие плиты; 2 - стяжка; 3 - верхняя упорная плита; 4 - коллектор отвода; 5 - коллектор подачи; 6 - натяжное устройство; 7 - фильтровальная ткань; 8 - привод передвижения ткани; 9 - камера регенерации; 10 - течка; 11 - нижняя опорная плита; 12 - электромеханический зажим; 13 - нажимная плита; 14 - ролики; 15 - нож для съема осадка

Рамы и плиты могут выполняться из пластмассы, полипропилена, поливинилиденфторида или металла: серого чугуна, стали, легированной стали или алюминиевого сплава. Уплотнение рам и плит осуществляется кромками фильтровальных перегородок. Рамы и плиты в процессе фильтрации сдвигаются в одно целое при помощи запорной плиты к неподвижной плите. Фильтруемая суспензия и фильтрат подводятся в направлениях, указанных стрелками. По окончании фильтрации рамы автоматически раздвигаются, кека падает вниз и отводится от фильтра транспортером.

Производительность фильтр-прессов L_{ϕ} кг/м²-ч), определяется по формуле

$$L_{\phi} = [(100 - W_k) h \rho_{\text{ТВ}}] / (20 t_{\phi}),$$

где W_k - конечная влажность кека, %; $\rho_{\text{ТВ}}$ - плотность осадка, г/см³; h - давление, м; L_{ϕ} - время фильтрации, с.

Фильтр-прессы типа ФПАКМ разработаны у нас в стране украинским научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом химического машиностроения "УкрНИИХИММАШ". Аппараты данного типа выпускаются серийно Вердичевским заводом "Прогресс".

Фильтр-пресс ФПАКМ (рис. 44) состоит из горизонтально расположенных фильтрующих плит 1, которые передвигаются вверх и вниз вдоль плоских стяжек 2. При опускании плит между ними образуется зазор в 45 мм. Передвижение и сжатие фильтрующих плит осуществляют нажимной плитой 13 и электромеханическим зажимом 12. Закрытие и раскрытие фильтр-пресса занимает 50—70 с.

Фильтрующая плита, схема работы которой показана на рис. 45, состоит из двух частей: верхней 3 с дренажным устройством для отвода фильтрата и нижней 2, выполненной в виде рамки и образующей при сжатии плит камеру фильтрации. Между верхней и нижней частями установлены резиновые диафрагмы 6, которые при подаче из них воды под давлением 1,5 МПа отжимают жидкую фазу из суспензии, подаваемой в аппарат через коллектор подачи В, и прессуют осадок.

Фильтровальная ткань (см. рис. 44) в виде бесконечной ленты зигзагообразно протянута между фильтрующими плитами и приводится в движение приводом 8, установленным около нажимной плиты 13. В нижней части фильтра ткань проходит через камеру регенерации 9. Отвод фильтра осуществляется через коллектор 4.

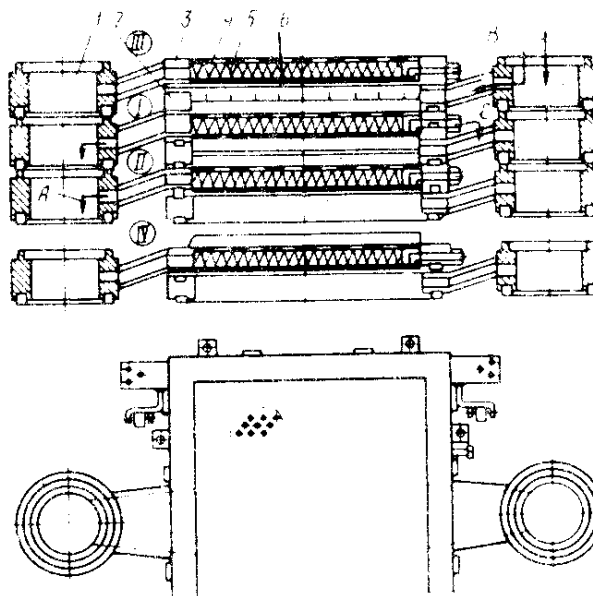


Рис. 45 Схема работы фильтрующих плит (без промывки осадка)

I - фильтрация; II - отжим; III - просушка; IV - выгрузка осадка; A - отвод фильтрата; B -- подача суспензии; C - подача воды на диафрагму; 1 - секции коллектора; 2 - рамка; 3 - плита; 4 - перфорированный лист; 5 - спирали; 6 - диафрагма

По окончании всех технологических операций плиты опускаются, образуя зазор для выхода осадка, который и выносится из межплитного пространства при передвижении ткани. Осадок снимается с двух сторон фильтр-пресса ножами 15 в течку 10. Во время выгрузки осадка автоматически включается подача воды в камеру регенерации 9, где ткань промывается и очищается скребками или щетками.

Виброфильтры применяют для обезвоживания промышленных суспензий с середины 60-х годов. Они отличаются простотой конструкции, малой энергоемкостью и не требуют вспомогательного оборудования. Основное преимущество этих фильтров состоит в возможности обезвоживания некоторых категорий осадков без кондиционирования. Продольные, поперечные или комбинированные колебания фильтрующей перегородки интенсифицируют процесс удаления жидкости из суспензии.

К недостаткам виброфильтров следует отнести сравнительно высокую влажность обезвоженных осадков и значительные потери твердой фазы с фильтратом. В настоящее время виброфильтры применяют в основном в химической, пищевой и обогащательной промышленности. Опыт их применения в практике обработки осадков сточных вод пока невелик.

Фильтры делятся на напорные и безнапорные. Напорные виброфильтры применяют для очистки жидкостей от механических примесей и сгущения суспензий. Использование напорных вибрационных фильтров в практике сгущения осадков сточных вод ограничено.

Под центрифугированием понимают разделение неоднородных фаз при помощи центробежных сил. Оно осуществляется в аппаратах, называемых центрифугами.

Центрифугирование суспензий и шламов производится двумя методами. В первом случае центрифугирование выполняется в роторах, имеющих сплошную стенку, во втором - перфорированную. Центрифугирование в перфорированных роторах является процессом, отдельные элементы которого сходны с фильтрацией и прессованием шламов.

Процессы центрифугирования в сплошных роторах подразделяются на центрифугальное осветление и осадительное центрифугирование. Осадительное центрифугирование является процессом разделения суспензий, содержащих значительное количество твердой фазы. Основным параметром центрифуг является фактор разделения K_p -- отношение ускорения центробежной силы к ускорению силы тяжести

$$K_p = W^2 / g \cdot r,$$

где W - окружная скорость вращения, м/с ($W = 2\pi n r / 60$ в/с), где n -- частота вращения, мин⁻¹; g - ускорение силы тяжести, м/с²; r -- радиус вращения, м.

По принципу действия центрифуги делятся на осадительные и фильтрующие, периодического и непрерывного действия.

Для обезвоживания промышленных и бытовых осадков сточных вод у нас в стране и за рубежом преимущественно используются вертикальные осадительные центрифуги периодического действия и

горизонтальные осадительные центрифуги непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка. Принципиальное устройство осадительной центрифуги с вертикальным ротором показано на рис. 46. Корпус центрифуги 1 опирается на литые и колонны 2 по средством пружинной подвески 3. Внутри корпуса расположен ротор 4, выполненный в виде барабана со сплошными стенками, опертго в подшипниках на валу 5. Подача суспензии в ротор осуществляется через патрубок 6, отвод фугата — через патрубок 7. В процессе работы центрифуга закрыта крышкой 8, снабженной предохранительным устройством. Ротор приводится во вращение от электропривода 9. Отложившийся на стенках ротора под действием центробежных сил осадок после остановки центрифуги сползает вниз и удаляется в направлении стрелки А через кольцевую щель в нижней части ротора.

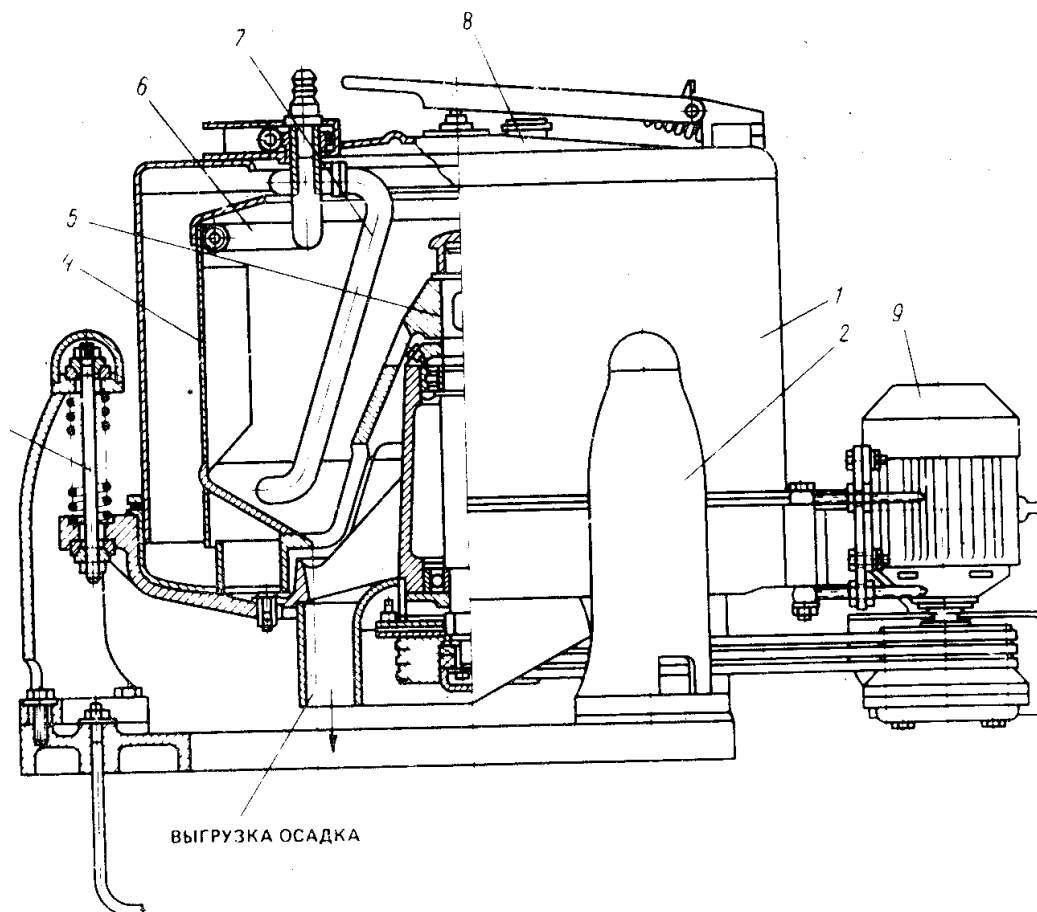


Рис. 46. Конструкция осадительной центрифуги 1 - корпус; 2 - опорные колонны; 3 - подвеска пружинная; 4 - ротор; 5 - вал; 6 - патрубок подводящий; 7 - патрубок для отвода фугата; 8 - крышка; 9 - электропривод

Для обезвоживания осадков сточных вод наиболее подходящими являются непрерывно действующие горизонтальные центрифуги со шнековой выгрузкой осадка типа ОГШ. Принципиальное устройство центрифуги такого типа показано на рис. 47.

Обезвоживаемый осадок подается по трубе 1 полого шнека 2 и через отверстие 3 поступает в приемную камеру ротора 4. Более крупные и тяжелые частицы осадка под действием центробежной силы отжимаются к внутренней поверхности ротора, перемещаются шнеком и выгружаются через окна 8 в трубобункер 7. Фугат через сливные отверстия 5 вытекает в сливную трубу 6. Регулируя расстояние между наружными кромками сливных отверстий 5, называемое "диаметром слива", в определенных пределах можно изменять качество фугата и обезвоженного осадка.

Шнек и ротор центрифуги приводятся во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу. Шнек вращается в ту же сторону что и ротор, несколько отставая от него, за счет чего и происходит относительное перемещение осадка по стенкам ротора к разгрузочному бункеру 7. Осадительные шнековые центрифуги отечественного производства марки ОГШ серийно выпускаются Сумским машиностроительным заводом.

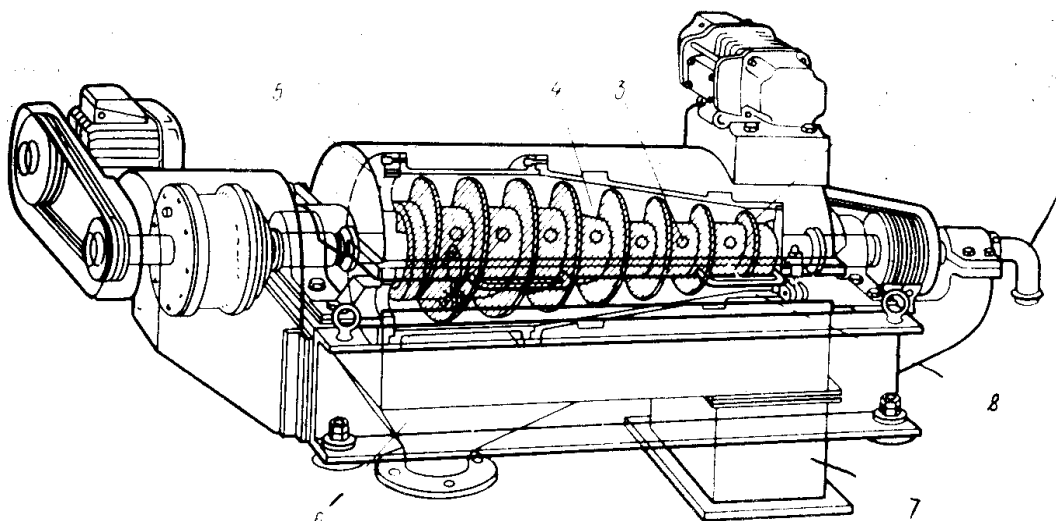


Рис. 47. Схема устройства центрифуги шнекового типа

1 - труба подачи осадка; 2 - полый шнек; 3 - проходные отверстия; 4 - ротор; 5 - сливные отверстия; 6 - сливная труба; 7 - разгрузочный бункер

Недостатком шнековых осадительных центрифуг является абразивный износ поверхностей шнека в результате разности частоты вращения шнека в роторе, что особенно проявляется при обезвоживании высокоминерализованных осадков промышленных сточных вод. Однако в настоящее время имеются конструкции центрифуг с износостойчивыми роторами, что достигается упрочнением кромок шнека, соприкасающихся с абразивным осадком, специальными сменными насадками из твердых сплавов металлокерамических материалов.

Среди аппаратов для центробежного разделения различных жидких отходов широкое распространение получили также жидкостные сепараторы, работающие по принципу тонкослойного центрифугирования (сепарирования). В нефтяной промышленности они применяются, например, для очистки водонефтяных ловушечных эмульсий, отделения механических примесей из присадок к маслам, очистки глинистого раствора, применяемого при бурении нефтяных скважин, очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов, отделения кислого гудрона от светлых дистиллятов и т.д.

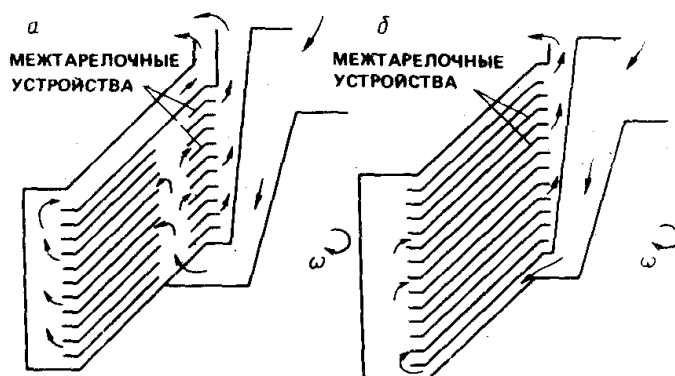


Рис. 48. Схема барабана-сепаратора а - барабан для разделения жидких смесей (дисперсная фаза более легкая, чем среда капли); б

-барабан для разделения жидких смесей (дисперсная фаза более тяжелая, чем среда частицы)

В химической промышленности их используют для очистки сточных фенольных вод, извлечения селеносодержащих осадков в производстве серной кислоты, регенерации катализаторов и т.д.

Областью применения сепараторов в металлообрабатывающей промышленности является очистка охлаждающих жидкостей шлифовальных станков, регенерация смазочных масел станков, очистка промывного керосина и бензина. Их используют также в автотракторной, судостроительной, металлургической, горнорудной и др. отраслях промышленности. Основы процессов тонкослойного центрифугирования заключаются в следующем. В быстровращающийся барабан (рис. 48) непрерывным потоком подается жидкая неоднородная смесь. Протекая по межтарелочным пространствам в тонком слое, под действием центробежного ускорения она разделяется на фракции. Если центрифугированию подвергается эмульсия (рис. 48, а), то обе фракции после сепарации непрерывным потоком выводятся из барабана в соответствующие приемные емкости.

В случае разделения суспензии (рис. 48, б) одна фракция, например, более легкая дисперсионная среда, выводится из барабана непрерывно, а вторая — дисперсионная фаза, состоящая из более тяжелых твердых частиц, накапливается в барабане и разгружается периодически. Непрерывный вывод твердой фазы осуществляется на сопловых сепараторах, в которых твердые частицы выбрасываются из периферии барабана в виде концентрированной суспензии.

Конструкции современных сепараторов можно разделить на три основные группы: непрерывно-циклического действия с ручной выгрузкой осадка из барабана; непрерывно-циклического действия с периодической центробежной выгрузкой осадка из барабана; жидкостные сепараторы непрерывного действия.

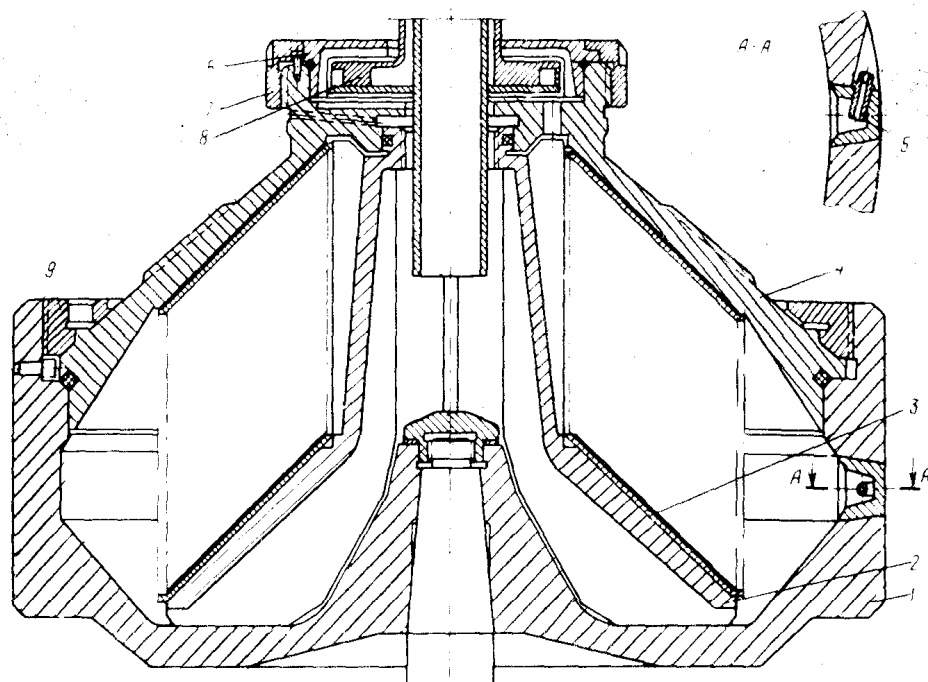


Рис. 49. Барабан-сепаратор с выгрузкой фракции через сопла, установленные на периферии основания барабана

1 - основание; 2 - тарелкодержатель; 3 - тарелки; 4 - крышка; 5 - сопло; 6 - крышка; 7,9- затяжные кольца; 8 - напорный диск

На рис. 49 показан вариант барабана-сепаратора с выгрузкой фракции через сопла, установленные на периферии барабана. Приводной механизм может быть как с винтовой парой, так и с помощью ремней. Барабан состоит из корпуса с соплами, крышки, тарелкодержателя и комплекта тарелок. В случаях, когда тяжелая фракция выбрасывается через сопла и вновь возвращается в барабан (циркуляция для максимального ее сгущения) или же в барабан к его периферии подается промывная жидкость, в конструкцию барабана вводятся дополнительно разделительная тарелка или трубки.

В практике сгущения и обезвоживания осадков из очистных сооружений малых и средних промышленных и транспортных предприятий наибольшее распространение получили гидроциклоны, которые применяются, как правило, в комбинации с расположенными ниже бункерами-уплотнителями осадка. По конструктивным особенностям все гидроциклоны можно разбить на следующие группы: а) конические гидроциклоны; б) цилиндрические гидроциклоны; в) турбоциклоны (центриклоны).

По технологическим особенностям гидроциклоны делятся на напорные и безнапорные. Для сгущения осадков мочевых, ливневых и системных сточных вод основное распространение получили напорные конические гидроциклоны.

Конструкция такого гидроциклона показана на рис. 50. Он состоит из цилиндрической и конической частей. Вращение жидкости в циклоне вызывается впуском суспензии через тангенциальный патрубок, расположенный вверху цилиндрической части 2. Коническая часть циклона 1 оканчивается шламовой насадкой 5, через которую отводится выделенный из обрабатываемой суспензии осадок. Осветленная жидкость вытекает через сливной патрубок 3, расположенный по оси циклона.

Осаждение частиц взвеси в поле действия центробежной силы, имеющее место при работе гидроциклонов, во много раз интенсивнее осаждения их в поле вертикальных сил, возникающих под действием силы тяжести в уплотнителях вертикального или горизонтального типа. Фактор разделения K ,

показывающий, во сколько раз скорость перемещения частицы при действии центробежной силы больше скорости ее оседания под действием силы тяжести, определяется следующим выражением:

$$K = \frac{\delta^2 (\gamma - \gamma_1) 18 \mu v_T^2}{\delta^2 (\gamma - \gamma_1) 18 \mu g r} = \frac{v_T^2}{g r},$$

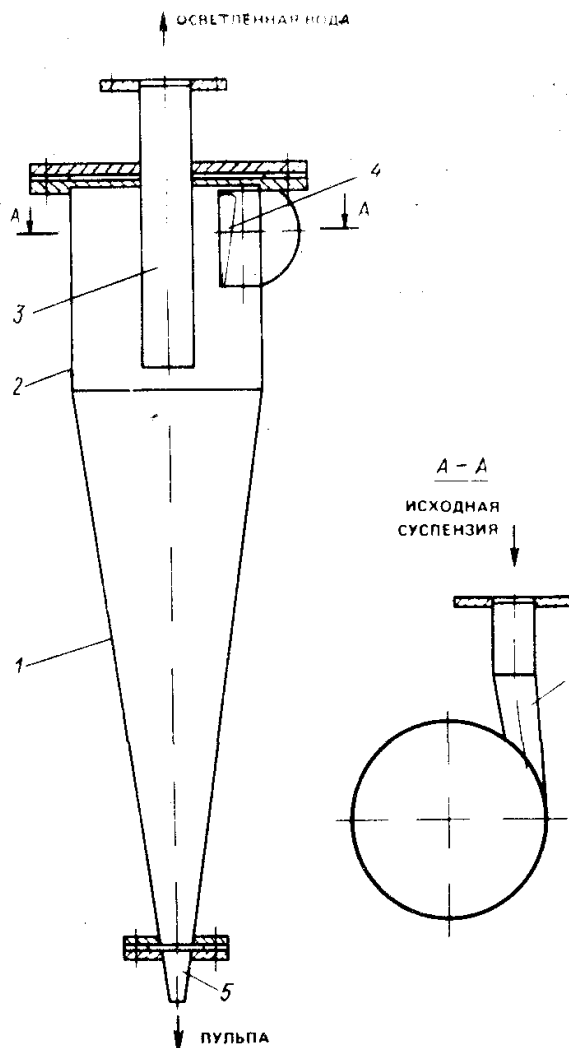
где δ — диаметр частицы взвеси; V_T — тангенциальная скорость на радиусе разделения; g — ускорение силы тяжести; γ — плотность частицы взвеси; γ_1 — плотность жидкости (среды); μ — абсолютная вязкость жидкости; r — радиус вращения.

Значения фактора разделения K колеблются в пределах от 500 до 2000.

В гидроциклонах, как и в центрифугах, разделение суспензий происходит под действием центробежной силы, но по способу действия они значительно отличаются. В центрифуге суспензия вместе с барабаном при постоянной угловой скорости совсем или почти (шнековые центрифуги) не движется относительно барабана. При этом на частицы не действуют никакие касательные силы. В гидроциклоне же на частицы суспензии действуют большие тангенциальные силы, поддерживающие их в непрерывном относительном движении. Между слоями суспензии возникает напряжение сдвига, действующее на твердую частицу как поперечная сила. Известно, что для увеличения глубины отбора частиц взвеси в центрифугах при постоянной частоте вращения барабана необходимо увеличить его диаметр. В гидроциклонах, наоборот, это прямо пропорционально связано с уменьшением диаметра аппарата. В то же время уменьшение диаметра гидроциклона ведет к снижению его производительности. Поэтому в тех случаях, когда требуется добиться более тонкой очистки необходимого продукта при значительных расходах последнего, используют батарейные гидроциклоны (мультигидроциклоны), представляющие собой несколько параллельно включенных элементарных гидроциклонов. Теория и расчет гидроциклонов различного типа достаточно полно изложены в специальной литературе [18].

Рис. 50. Общий вид гидроциклона

1 — коническая часть циклона;
2 — цилиндрическая часть циклона;
3 — сливной патрубок;
4 — тангенциальный патрубок;
5 — шламовая насадка



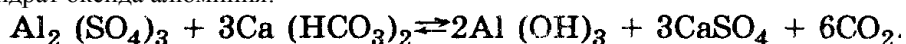
2.11. Реагентная обработка

Большинство осадков, образующихся в процессе очистки промышленных и городских сточных вод, гальванические шламы и пр. представляют собой трудноразделяемые суспензии. Для их успешного обезвоживания необходима предварительная подготовка -- **кондиционирование**. Цель кондиционирования -- улучшение водоотдающих свойств осадков путем изменения их структуры и форм связи воды. От условий кондиционирования зависит производительность обезвоживающих аппаратов, чистота отделяемой воды и влажность обезвоженного осадка. Кондиционирование может осуществляться несколькими способами, различающимися по своему физико-химическому воздействию на структуру обрабатываемого осадка. Наибольшее распространение из них получили: химическая (реагентная) обработка; тепловая обработка; жидкофазное окисление; замораживание и оттаивание.

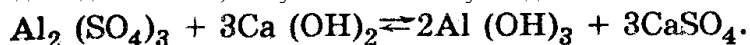
В практике обработки осадков промышленных сточных вод чаще всего применяются химические (реагентные) методы обработки. Реагентная обработка -- это наиболее известный и распространенный способ кондиционирования, с помощью которого можно обезвоживать большинство осадков сточных вод. При реагентной обработке происходит коагуляция -- процесс агрегации тонкодисперсных и коллоидных частиц, образование крупных хлопьев с разрывом сольватных оболочек и изменение форм связи воды, что приводит к изменению структуры осадка и улучшению его водоотдающих свойств. Для реагентной обработки используются минеральные и органические соединения -- коагулянты и флокулянты.

В качестве минеральных коагулянтов применяют соли железа, алюминия и известь. Эти реагенты вводят в обрабатываемый осадок в виде 10%-ных растворов. Наиболее эффективным является хлорное железо, которое применяют в сочетании с известью. Дозы внесения в среднем составляют соответственно 5--8 и 15--20 % (на сухое вещество обрабатываемого осадка). Кристаллическое хлорное железо у нас в стране является дефицитным продуктом. Заменить его может раствор хлорного железа, являющийся отходом некоторых промышленных производств. В ряде случаев успешно используется 27--28%-ный раствор хлорного железа -- отход титаномагниевого производства, доставляемый в гуммированных цистернах. Его ориентировочная стоимость 100 руб. за 1 т активной части сухой массы.

Химический механизм взаимодействия коагулянтов с осадком следующий. Введенный в водную среду сернокислый алюминий взаимодействует с содержащимися в воде бикарбонатами, образуя первоначально гелеобразный гидрат оксида алюминия:

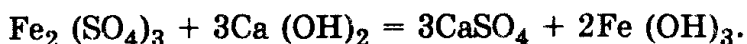
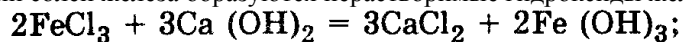


Если щелочность среды недостаточная, она увеличивается путем добавления извести, и тогда



Образующиеся хлопья гидрата захватывают суспендированные и находящиеся в водной среде в коллоидном состоянии вещества и при благоприятных гидродинамических условиях быстро оседают в уплотнителе и хорошо отдают воду на аппаратах для механического обезвоживания путем фильтрации или центрифугирования.

При применении солей железа образуются нерастворимые гидроксиды железа



Наибольший эффект коагулирования достигается при pH = 4--8,5. С точки зрения полноты реакции и экономии реагента большое значение имеет хорошее и быстрое его смешение с обрабатываемым осадком. Расходы подаваемых в смеситель реагентов можно измерять с помощью ротаметров типа РПД.

Сернокислое оксидное железо менее эффективный, но зато более дешевый и легкодоступный реагент. Ориентировочно можно сказать, что при дозах сернокислого железа, в 1,5--2 раза превышающих дозы хлорного железа, производительность обезвоживающих аппаратов и влажность обезвоженного осадка одинаковы.

Известь используют не только в сочетании с солями железа, но и как самостоятельный коагулянт, оказывающийся в ряде случаев весьма эффективным. При использовании в качестве коагулянта наблюдается тенденция к ее регенерации из золы после сжигания обезвоженных осадков. Недостатками минеральных реагентов являются дефицитность, высокая стоимость, коррозионность, а также трудности при их транспортировании, хранении, приготовлении и дозировании.

За рубежом для кондиционирования осадков промышленных сточных вод наряду с минеральными реагентами находят применение синтетические флокулянты. Специально для этих целей флокулянты выпускаются зарубежными фирмами "Доу", "Геркулес"(США), "Диа-Прозим"(Франция) и -др.

Синтетические полиэлектролиты, или полимеры, вводятся в осадок непосредственно перед центрифугированием или фильтрованием. Эти полимеры уничтожают или уменьшают электрические отталкивающие усилия суспендированных твердых частиц, которые стремятся удержать их на расстоянии. За счет притяжения этих частиц образование хлопьев и сепарирование происходит значительно быстрее и эффективнее.

Синтетические органические флокулянты -- линейные, водорастворимые макромолекулы со степенью полимеризации до $(50-200) \cdot 10^3$. По физико-химическим свойствам они подразделяются на следующие группы:

- • неионные - полиакриламид, полиоксиэтилен и т.д.;
- • ионогенные гомополимеры -- анионные, полиметакриловая кислота и др., катионные (полиамины и др.);
- • ионогенные сополимеры — анионные, катионные. Поскольку в осадках сточных вод в основном находятся отрицательно заряженные коллоиды, то наибольший интерес представляют катионные флокулянты. Катионные синтетические органические флокулянты содержат связанный с полимером атом азота, заряженный в воде положительно, и свободно движущийся противоион кислотного остатка (Cl^- , CH_3SO_4^- , Br^- и т.д.).

Катионные гомополимеры получают путем полимеризации аминов, диметиламиноэтилметакрилата (ДМАЭМА), четвертичного ДМАЭМА и т.д. Эти флокулянты выпускают в жидкой (например, Праестол 185 К фирмы "Штокхаузен") или порошкообразной форме (Праестол 444 К) и применяют при кондиционировании осадков перед обезвоживанием на иловых площадках или на ленточных фильтр-прессах.

Сополимеры, как и гомополимеры, выпускают в жидкой или порошкообразной форме и применяют при центрифугировании и фильтр-прессовании осадков. Флокулирующий эффект сополимера определяется содержанием катионоактивных групп и его молекулярной массой.

Ведущие фирмы-поставщики ("Штокхаузен" и "Эллайд Коллоиде", "Налко" и "Доу" и др.) выпускают флокулянты практически с любой катионной активностью — от 0 до 100 %. Это обстоятельство позволяет выбрать оптимальный тип флокулянта для кондиционирования конкретного вида осадка.

На адсорбционную способность флокулянта влияет химический состав макромолекул, их гибкость, молекулярная масса, функциональность (количество ионных групп, приходящихся на единицу длины макромолекулы), распределение активных групп по длине макромолекул. Флокулянты хорошо растворяются в воде и обычно их свойства исследуются в водных растворах. Наиболее употребительным параметром для оценки размеров макромолекулы, а также ее молекулярной массы является предельное число вязкости

$$[\eta] \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{\text{отн}} - 1 / C = \lim_{c \rightarrow 0} \ln \eta_{\text{отн}} / C ,$$

$[\eta]$ - предельное число вязкости, $\text{см}^3/\text{г}$, $\eta_{\text{отн}}$ -- относительная вязкость раствора; c - концентрация раствора, $\text{г}/\text{см}^3$.

К достоинствам синтетических флокулянтов следует отнести отсутствие коррозионных свойств, хорошие санитарные условия эксплуатации сооружений, низкие затраты на транспортирование.

Молекулярная масса синтетических флокулянтов колеблется от 0,5 до $2 \cdot 10^6$. Исследования показывают, что с увеличением молекулярной массы эффективность действия флокулянта повышается.

Исследования, проведенные во Франции, показали, что для осадков, содержащих большое количество органических веществ (зольность 25-50 %), целесообразно использовать катионные флокулянты. Для осадков со средним содержанием органических веществ (зольность 55-65 %) следует комбинировать катионные и анионные флокулянты. При малом содержании органических веществ (зольность 66-70 %) следует применять преимущественно анионные соединения.

Флокулянты вводятся в осадок так же, как и минеральные реагенты, в виде растворов концентрацией около 0,01-0,5 % по активной части сухой массы.

Доза введения флокулянтов при фильтровании составляет от 0,2 до 1,5 % сухого вещества осадка. При этом производительность фильтров и влажность обезвоженного осадка те же, что и при кондиционировании минеральными коагулянтами.

Стоимость флокулянтов значительно выше стоимости минеральных реагентов, однако за счет уменьшения их доз по сравнению с дозами минеральных реагентов общая стоимость обработки при их применении, по зарубежным данным, сокращается приблизительно на одну треть.

Наиболее широко синтетические флокулянты применяют при центрифугировании осадков сточных вод. Доза флокулянта при этом составляет 0,05-0,2 % для сырых и 0,15-0,4 % для сброженных осадков, что позволяет достигнуть 95--96 %-ной эффективности задержания твердой фазы при влажности обезвоженного осадка примерно 50 %.

Использование флокулянтов пока не получило широкого распространения в нашей стране из-за их недостаточного выпуска, малого ассортимента и высокой стоимости. Исследования, проведенные в НИИКВОВ по применению некоторых флокулянтов отечественного производства для кондиционирования активного ила показали, что наиболее эффективными являются катионные флокулянты типа ВА, однако было отмечено, что влажность обезвоженного на вакуум-фильтре осадка остается высокой, приблизительно 85 %.

Среди синтетических флокулянтов в СССР наибольшее распространение получил полиакриламид (ПАА) - растворимый в воде полимер, содержащий в своей цепочной молекуле ионогенные группы. При его диссоциации образуется высокомолекулярный поливалентный анион и много простых маловалентных катионов, поэтому такие вещества называют полиэлектролитами. Действие ПАА объясняется адсорбцией его молекул на хлопьях гидроксида, образующегося при гидролизе коагулянтов. Из-за вытянутой формы адсорбция происходит в разных местах несколькими частицами гидроксида, в результате чего последние оказываются связанными вместе.

2.12. Методы улавливания пыли и газов

Основные принципы задержания пыли. Пыли, содержащиеся в отходах промышленных производств, вследствие своей способности легко распространяться в атмосфере представляют особую опасность для окружающей среды. В то же время пыли в большинстве случаев содержат сырьевые компоненты, потеря которых приносит значительный ущерб для производства того или иного вида продукции.

Пыли представляют собой диспергированные вещества. Эта дисперсия может быть молекулярной и коллоидной до очень крупных размеров. Размеры пылевых частиц колеблются в пределах от 1 до 500 мкм. Борьба с загрязнением воздуха пылью может осуществляться посредством предупреждения образования воздушно-пылевых смесей либо путем очистки воздуха в специальных аппаратах-пылеуловителях.

При оценке эффективности работы пылеуловителей принимают во внимание:

- • общую эффективность обеспыливания, или количество пыли, задержанной в пылеуловителе, по отношению к количеству пыли, содержащейся в обеспыливаемом газе;
- • фракционную эффективность, определяющую полноту улавливания частиц определенных размеров; ее выражают процентом отделенных в пылеуловителе частиц пыли определенных размеров;
- • остаточное содержание пыли в газе при выходе его из пылеуловителя;
- • распределение остатка пыли в газе по размеру частиц или скорости витания.

Кроме того, существенным фактором для оценки эффективности пылеуловителей является расход потребляемой энергии, а при подборе того или иного типа пылеуловителя — частота распределения дисперсности фракций.

Пылеотделители подразделяют следующим образом:

- • механические обеспыливающие устройства, в которых пыль отделяется под действием сил тяжести или центробежной силы;
- • мокрые или гидравлические обеспыливатели, в которых твердые частицы в газообразной среде улавливаются жидкостью;
- • обеспыливающие устройства с пористым фильтрующим слоем, в котором задерживаются частицы пыли; электрические обеспыливающие устройства, в которых частицы охлаждаются за счет ионизации.

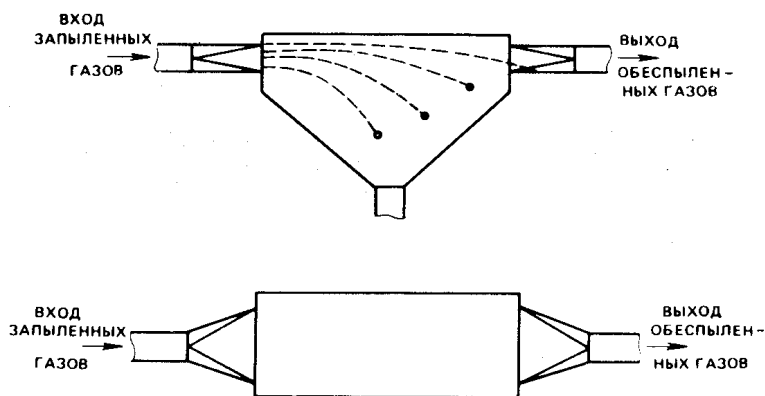


Рис. 51. Пылеосадочная камера

Гравитационные обеспыливающие устройства выполняют в виде осадительных камер (рис. 51), в которых скорость пылевого потока резко падает, вследствие чего находящиеся во взвешенном состоянии частицы выпадают под действием силы тяжести. Эффективность выпадения частиц $E < 1$ может быть выражена так:

$$E_g = U_t A_h / Q ,$$

где E_g - выраженная в долях эффективность выпадения пылевых частиц g_j массе в осадительной камере, скорость витания которых равна U_i , м/с; A_h - площадь в горизонтальной проекции камеры, m^2 ; Q -- количество запыленного, проходящего через камеры газа, мл/с.

В инерционных пылеуловителях пылевой поток подвергается резкому изменению направления, вследствие чего частицы соприкасаются с поверхностями осаждения, теряя скорость, выпадают из газового потока и через разгрузочные коллекторы удаляются из пылеуловителя.

Наиболее простой из пылеуловителей этого типа, так называемый пылевой мешок, показан на рис. 52.

Аппараты с отражательными перегородками часто используются для очистки газов различных нагревательных установок и вращающихся печей, а также при удалении кислотных конденсатов и т.д.

Центробежные обеспыливающие аппараты. Наиболее распространенными аппаратами с доминированием центробежной силы являются циклоны. Принцип действия пылеулавливающего циклона практически не отличается от работы гидроциклона.

Использование батарейных циклонов (мультициклонов) позволяет повысить эффективность пылеулавливания в циклонных установках. Батарейные циклоны (рис. 53) состоят

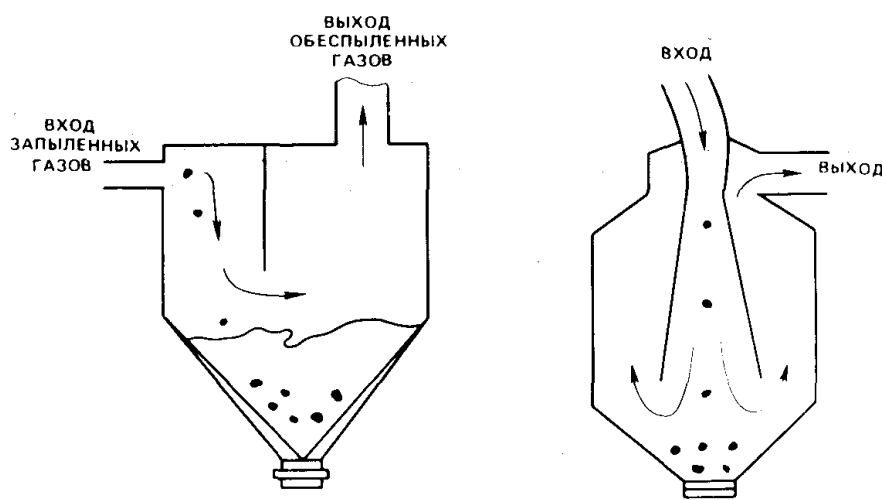


Рис. 52. Инерционные пылеуловители

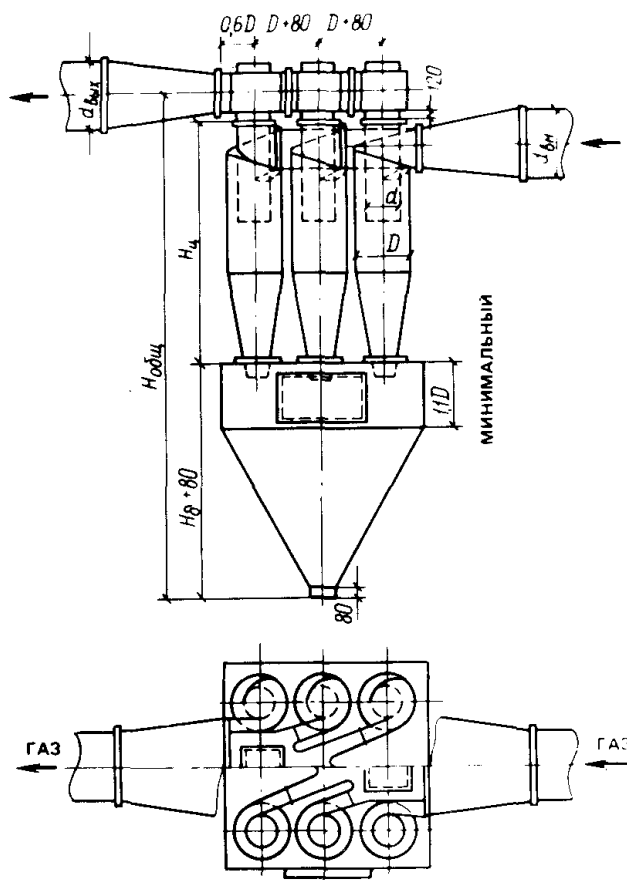


Рис. 53. Группа из шести циклонов НИИОГАЗ из группы параллельно включенных циклонов. Газ подводится через общий коллектор, с помощью которого газовый поток распределяется по многочисленным циклонам малого диаметра. Очищенный газ удаляется через общий газоотвод, а уловленная пыль выпадает в общий бункер, откуда транспортируется разгрузочными устройствами различных типов.

В обеспыливающих устройствах мокрого, комбинированного и конденсационного типов используют в

качестве смачивающей жидкости чистую воду или воду со смачивающими добавлениями. Уловленную пыль удаляют в виде шлама. Принципы действия этих пылеуловителей чрезвычайно разнообразны и часто в одном аппарате одновременно используют несколько особенностей, что затрудняет их классификацию. Обычно их подразделяют на пылеуловители со смоченными поверхностями; скрубберы, скоростные, комбинированные и конденсационные пылеуловители.

На рис. 54 показан общий вид циклона типа ЦС-ВТИ. Запыленный газ из тангенциального патрубка 1 поступает в корпус аппарата 2 и орошается водой, разбрызгиваемой из сопел 3 коллектора 4. Жидкость, захватившая частицы пыли, отбрасывается к стенкам корпуса, стекает вниз и отводится через шламовый затвор 5.

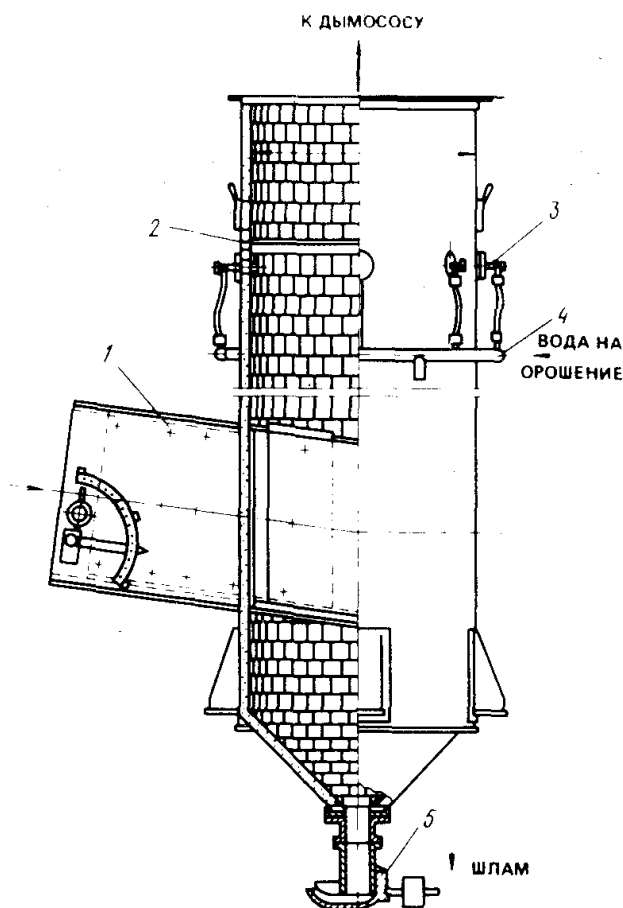


Рис. 54. Общий вид мокрого циклона типа ЦС-ВТИ 1 - тангенциальный патрубков; 2 - корпус; 3 сопла; 4 - кольцевой коллектор; S - шламозатвор

Промывные башни известных конструкций могут заполняться кольцами Рашига, Лессинга, стекловолокном или другими насадочными материалами. Более современный и усовершенствованный тип подобного пылеулавливающего устройства представляет собой установка с плавающей насадкой, в которой орошаемый слой, пересекаемый газовым потоком снизу вверх, состоит из нескольких рядов пластмассовых шариков. Эта насадка находится в постоянном движении под действием стекающих потоков воды и поднимающегося газа, что способствует увеличению контакта пылинок с водяной пленкой, а также выносу смоченной пыли в бункер, из которого она удаляется в виде шлама (рис. 55).

В ряде пылеуловителей других конструкций распыление воды является единственным средством захвата частиц или их укрупнения с целью эффективного улавливания в последующей ступени, в качестве которой может быть использован циклон или осадительная камера. Вода распыляется механическим путем с помощью сжатого воздуха или оросителей различных конструкций. В обеспыливающих установках типа Вентури запыленный газ очищается распыленной водой, нагнетаемой в узкую часть трубы Вентури. Высокие скорости газа в этой части трубы способствуют тонкому измельчению воды, мелкие капельки которой движутся со скоростями, очень близкими к скорости пылевых частиц. Это обеспечивает высокий эффект захвата и смачивания частичек пыли. В барботажных и пенных пылеуловителях происходит интенсивная отдача тепла от газов к жидкости. Обычно достаточно слоя жидкости высотой около 10 см, чтобы газы охладились почти до ее температуры. Поэтому барботеры и пенные аппараты используют не только для улавливания пыли, но и для охлаждения газов.

В комбинированных пылеулавливающих установках одновременно улавливается пыль с помощью орошения поверхности, распыления воды, инерции, центрифугирования и т.д.

В конденсационных пылеулавливающих установках при быстром снижении давления газа, насыщенного водой и содержащего тонкие частицы витающей пыли, часть водяного пара конденсируется на них, так как они являются ядрами конденсации. Эти частицы могут быть легко отделены от газа одним из простейших устройств, например, циклоном.

Пылеуловители с пористым слоем и тканевые фильтры. В пылеуловителях этого типа газовый поток проходит через пористый слой различной плотности и толщины, в котором задерживается основная часть пыли. Пористый слой или насадка фильтров может состоять из ряда последовательно расположенных элементов специального профиля, быть выполненной из материалов минерального происхождения (кокса, песка, гравия) или же из колец Рашига и других всевозможных элементов, изготовленных из металла или

пластмасс. Пористый слой может иметь также и волокнистое строение и изготавливаться из бумаги, натурального и синтетического войлока или тканей различной плотности. В промышленных пылеуловителях наиболее часто применяются тканевые или рукавные фильтры. Установки обычно имеют форму обтянутого тканью барабана, матерчатых мешков или карманов, работающих параллельно. Эти пылеуловители имеют высокую эффективность, особенно если пористый слой достаточно плотный и толстый.

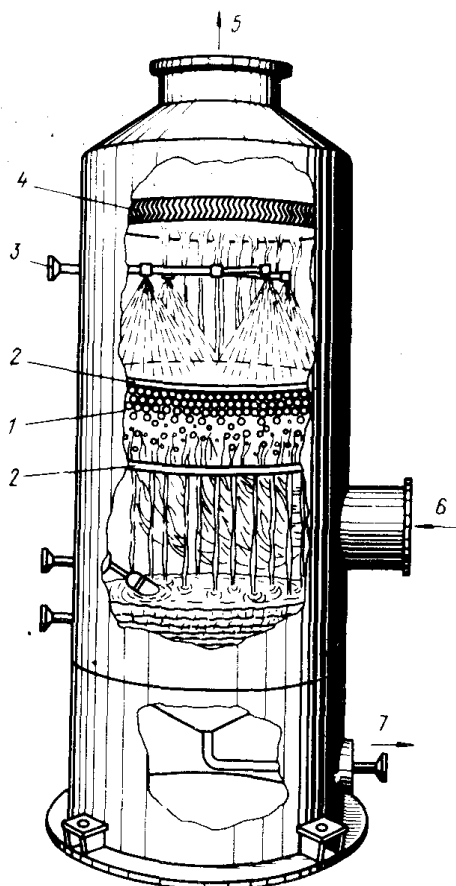


Рис. 55. Скруббер с плавающей насадкой
1 - пластмассовые шарики; 2 - перегородка; 3 - штуцер для подачи воды;
4 - брызгоотражатель; 5 - выход очищенного газа;
6 - вход запыленного газа;
7 - отвод шлама

Обычными методами регенерации ткани рукавных фильтров является механическое встряхивание с одновременной обратной продувкой.

Скорости фильтрации при улавливании возгонов для тканей из шерсти и синтетических волокон составляют 0,24-0,35 м³/(м²·мин) для мешочных фильтров с рукавами большого размера и 0,7—1 в отдельных рукавах фильтров.

Электрофильтры. В электрофильтрах частицы пыли осаждаются под действием электрического заряда, который они приобретают, проходя между катодом ионизатором и электродом осадителем.

Если напряженность электрического поля между электродами превышает критическую величину, которая при давлении 760 мм HgO и температуре 15°C равна 30 кВ/см, то молекулы воздуха ионизируются и приобретают положительные и отрицательные заряды. При этом отрицательные ионы воздуха, которые образуются у отрицательного коронирующего электрода, движутся к положительному электроду и проходят больший путь, чем положительные ионы, которые формируются в средней части между противоположно заряженными электродами и движутся к отрицательному электроду. Вследствие этого отрицательные ионы при движении встречают гораздо большее количество пылинок, которые передают свой заряд, чем положительные ионы.

Получившие тот или иной заряд пылинки движутся к противоположно заряженному электроду (в основном к положительному) и оседают. Входя в контакт с электродом, частицы теряют заряд и могут быть легко удалены с его поверхности при помощи удара, вибрации, обмывки и т.п. и направлены в бункер. Эффективность работы электрофильтров определяется формулой

$$\eta = 1 - e^{-(2FW / RV) L},$$

где e — основание натурального логарифма, равное 2,718; F — градиент электрического поля между осадительными и коронирующими электродами в единицах системы СИ; W — скорость движения заряженной частицы к осадительному электроду, м/с; R — расстояние между осадительными и коронирующими электродами, м; V — скорость газового потока в электрофильтре, м/с; L — длина осадительных электродов, м.

Принципиальная схема электрофильтра показана на рис. 56. В табл. 2.4 показаны области применения различных типов пылеуловителей в зависимости от размеров частиц пыли.

Основные принципы химической очистки газов. Многие промышленные газы содержат компоненты, которые необходимо улавливать, поскольку они губительно действуют на здоровье людей, окружающую природу, вызывают коррозию аппаратуры и т.д. Выброс токсичных газов строго регламентируется санитарными органами.

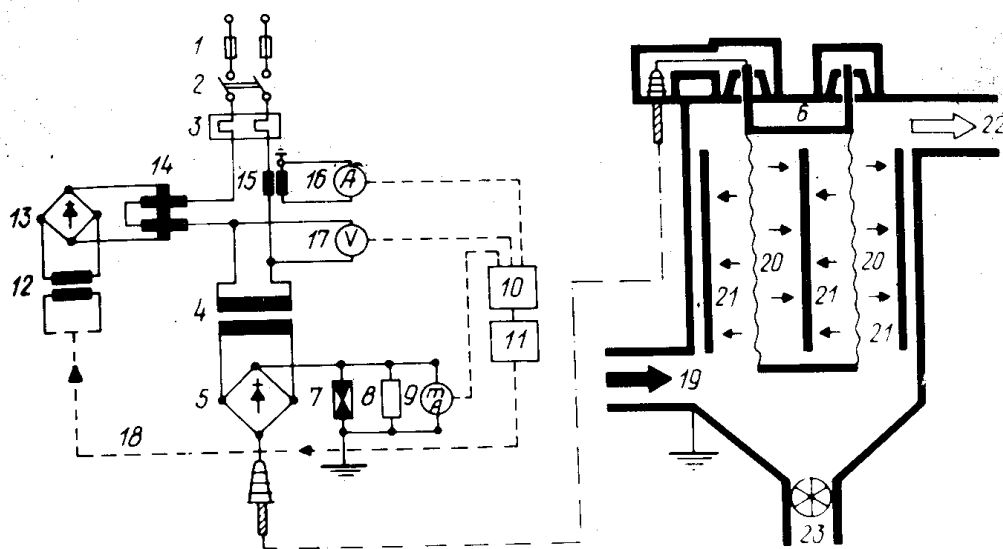


Рис. 56. Схема электрофильтра

1 - предохранители; 2 - рубильник; 3 - биметаллический выключатель; 4 - трансформатор высокого напряжения; 5 - выпрямитель; 6 - электрофильтр; 7 - грозовой разрядник; 8 - шунт; 9 - измеритель; 10 - регулятор; 11 - усилитель; 12 - регулирующий трансформатор; 13 - выпрямитель оперативного тока; 14 - трансдуктор; 15 - трансформатор; 16 - измеритель первичного тока; 17 - измеритель напряжения; 18 - регулятор импульсов; 19 - вход запыленного газа; 20 - коронирующие электроды; 21 - осадительные электроды; 22 - выход чистого газа; 23 - шиловый затвор

В большинстве случаев газообразные химические примеси, так же как и пыль промышленных производств, после их улавливания и концентрирования представляют большую ценность для народного хозяйства, а иногда являются основным сырьем для производства тех или иных химических продуктов (соляной, плавиковой, азотной кислот, сероуглерода и т.д.).

Газы можно очищать от газообразных химических примесей тремя методами:

- • поглощением при промывке газов жидкостями — абсорбцией;
- • поглощением твердыми телами -- адсорбцией;
- • превращением газообразных химических примесей при помощи газообразных добавок в твердое или жидкое состояние с последующим выделением полученных продуктов.

Последний метод сложен из-за трудности улавливания твердых или жидких мелких частиц, поэтому его применяют редко, но в некоторых производствах такой процесс происходит самопроизвольно. Так, в производстве серной кислоты при поглощении ею водяных паров из газов в газовую фазу может перейти небольшое количество серного ангидрида (SO_3), который образует с водяными парами туман серной кислоты.

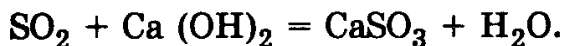
При очистке газов от газообразных химических примесей промывкой жидкостями следует, с одной стороны, создать хороший контакт между газом и жидкостью, а с другой, подобрать такую жидкость, которая хорошо поглощает нужный компонент, но не реагирует с другими компонентами, содержащимися в газе.

Газы, растворимость которых при 0°C и парциальном давлении 101325 Н/м^2 (760 мм рт. ст.) составляет сотни граммов на 1 кг воды, называют хорошо растворимыми. К ним относятся аммиак, хлористый и фтористый водород и некоторые другие.

Газы, растворимость которых при указанных условиях составляет десятые или сотые доли грамма на 1 кг воды, называют плохо растворимыми (кислород, азот, CO).

Ниже рассматриваются распространенные методы очистки газов от химических загрязнений.

Известковый способ. Газы, содержащие SO_2 , промываются в скруббере известковым молоком (гидратом оксида кальция), которое реагирует с SO_2 по уравнению

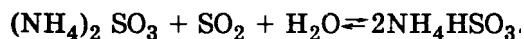


2.4. Область применения пылеуловителей различных типов в зависимости от размера частиц пыли

Показатель	Размеры частиц, мкм						
	0,01	0,1	1	10	100	1000 (1 мм)	10 000 (1 см)
Виды загрязнителей		смог		облака и густые туманы		дождь	
		дым смол			удобрения	дробленый известняк	
		дым мазута			летучие золы		
		табачный дым			угольная пыль		
		металлургические пыли и дымы					
			дым NH_2Cl	цементная пыль			
			туман от концентратов H_2SO_4			пляжный песок	
		сажа чистого углерода		распыленный уголь			
			пигменты красок		флотационные руды		
		дымы окислов цинка		пыли инсектицидов			
		коллоидный кремний		дробленый тальк			
			дымы химпроизводства		пыльца растений		
		атмосферные пыли					
			вредные для легких пыли				
	вирусы		бактерии				
						пылевые камеры	
				циклоны			
				скрубберы			
			тканевые фильтры				
Типы пылеуловителей					фильтры для очистки воздуха		
			воздушные фильтры высокой эффективности	импакторы			
			термические преципитаторы		механические сепараторы		
			электрофильтры				

Этим способом можно получить высокую степень очистки газа, но необходимо затратить большое количество извести. Для осуществления процесса необходимо подавать на орошение скруббера большое количество жидкости для того, чтобы насадка скруббера не засорялась побочным продуктом — гипсом (CaSO_4). Расход жидкости рассчитывают на 1000 м³ очищенного газа при концентрации SO_2 , равной 0,5 %. При других концентрациях количество жидкости соответственно больше или меньше, либо прямо пропорционально концентрации SO_2 в газе. Приведенный способ очистки газов от SO_2 достаточно прост и надежен и используется в самых различных вариантах.

Аммиачный способ (циклический). Газы, содержащие SO_2 , после тщательной их очистки от пыли и охлаждения до 35—50°C промывают раствором, содержащим $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$. При этом происходит реакция:



В результате газ очищается от SO_2 .

При нагреве полученного раствора бисульфита аммония до кипения реакция идет в обратном направлении с выделением сернистого ангидрида и получением раствора сульфита аммония. Применяя последний процесс, получают сернистый ангидрид высокой концентрации, используемый для получения элементарной серы, серной кислоты и других ценных продуктов. Часто для удобства перевозок сернистый ангидрид переводят в жидкое состояние, сжимая до 20–30 Н/см² (2–3 атм) и охлаждая до 15–25°C или только охлаждая примерно до -15°C.

Полученный после отгонки SO_2 раствор сульфита аммония охлаждают и снова используют для улавливания сернистого ангидрида из газов. При этом способе поглотитель совершает круговой цикл -- он поглощает SO_2 , а затем после отгонки SO_2 и последующего охлаждения используется повторно. Такие методы называют циклическими.

Хотя поглотитель все время и возвращается обратно в цикл, он все же расходуется, так как часть его теряется (проливается, уносится с газами в виде мелких капель) и частично превращается в $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$. Получаемый сульфат аммония приходится выводить из цикла, а взамен вводить в цикл аммиак для получения свежего $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_3$ в количестве, необходимом для возмещения потерь.

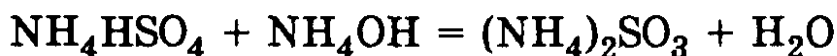
Этот метод очень интересен. Он дает возможность получить из отходящего газа ценные продукты — высококонцентрированный сернистый ангидрид и сульфат аммония. В качестве поглотителей для циклических методов предложено большое количество реагентов: сульфит аммония, пиридин, этаноламины и др. Наилучшие результаты получаются при использовании сульфита аммония.

Аммиачный способ (нециклический). По данному способу отходящие газы очищают от SO_2 промывкой их раствором сульфита. Половину полученного при этом бисульфата аммония обрабатывают какой-либо кислотой (серной, азотной, фосфорной). При этом получают SO_2 в концентрированном виде и соответствующую аммонийную соль, которую можно использовать как удобрение:

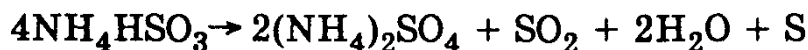
а вторую половину бисульфата нейтрализуют по реакции



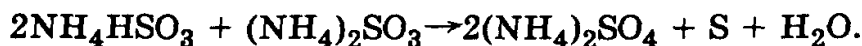
и полученный сульфит применяют для улавливания SO_2 из газа.



Аммиачно-автоклавный способ. Отходящие газы очищают от SO_2 промывкой их раствором сульфита аммония, но полученный раствор бисульфита или смеси бисульфита с сульфитом можно переработать в автоклаве по следующим реакциям:



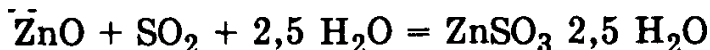
или



Реакции ускоряются в присутствии селена и тиосульфата. Последний можно заменить, вводя элементарную серу, которая, реагируя с сульфитом, образует тиосульфат.

Обычно серу добавляют по стехиометрическому расчету для перевода всего сульфита в тиосульфат. Процесс проходит при температуре около 150–160°C. При 2–3-кратном избытке серы продолжительность процесса составляет около 1 ч. Добавка 0,003 % селена (от массы раствора) позволяет проводить реакцию при температуре 135°C. По этому способу получают ценные вторичные продукты — элементарную серу и сульфат аммония, но при этом расходуется значительное количество аммиака и пара.

Цинковый способ. Газы, очищенные от пыли, промываются пульпой, содержащей ZnO . При этом реакция протекает по уравнению:



Образующийся $\text{ZnSO}_3 \cdot 2,5 \text{H}_2\text{O}$ остается в твердой фазе и отделяется от жидкости фильтрацией или центрифугированием. Отфильтрованные кристаллы $\text{гп803} \cdot 2,5 \text{H}_2\text{O}$ при нагревании до 350°C разлагаются на H_2O , SO_2 и ZnO . Сернистый ангидрид выделяется в высококонцентрированном виде, а оксид цинка возвращается для приготовления поглотительной пульпы. Этот метод не требует охлаждения газов и поглотительной жидкости (пульпы).

Применяя его, можно очистить газы от SO₂ лучше, чем при аммиачном методе; кроме того, не требуется предварительно охлаждать газы, а также тщательно очищать их от мышьяка и селена.

Аналогично цинковому методу, для поглощения SO₂ можно использовать MgO, но разложение образующегося MSO₃ требует более высокой температуры — около 900°C, что осуществить труднее.

Способы очистки газов от SO₂ отличаются не только составом поглотителя, но и получаемыми продуктами, частично аппаратурой и условиями применения поглотителей. Ориентировочно можно считать, что газы в зависимости от перечисленных выше методов, будут содержать SO₂ (мг/м³) в количестве 0,005-0,01 при известковом методе, 0,01-0,02 при цинковом и аммиачно-автоклавном методах, 0,01-0,03 при аммиачно-кислотном, 0,02-0,03 при аммиачно-циклическом методе.

Очистка газов от хлористого водорода. На ряде химических производств и предприятий цветной металлургии с отходящими газами уносится HCl. Для его улавливания с целью последующей утилизации применяют различные способы.

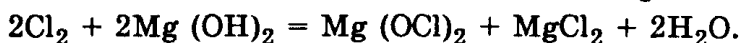
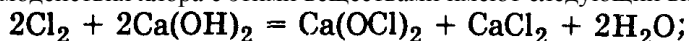
Хлористый водород можно уловить водой, так как он в ней хорошо растворяется с образованием соляной кислоты. Получать таким способом соляную кислоту целесообразно, если она будет стандартной, т.е. содержать 27 % HCl. Над такой кислотой упругость паров HCl при 40°C составляет около 1889 Н/м³ (14,2 мм рт.ст.). Следовательно, 27 %-ную кислоту можно получить, поглощая HCl водой из газа только в том случае, если в газе содержание HCl больше, чем 1,87 % (14,2·100 / 760), и если жидкость в процессе поглощения не нагревается выше 40°C.

При растворении HCl в воде выделяется значительное количество тепла, которое изменяется в зависимости от того, какой концентрации получается кислота. При растворении 1 моля HCl в бесконечно большом количестве воды выделяется 1990 кДж (475 ккал), а при растворении в таком количестве воды, чтобы получилась 36 %-ная кислота, выделяется 1225 кДж (293 ккал) на 1 моль HCl.

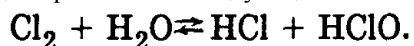
Поэтому при улавливании HCl с целью получения концентрированной соляной кислоты требуется отводить тепло. В этом случае газы, содержащие HCl, пропускают последовательно через несколько аппаратов-поглотителей, в которых жидкость и газ движутся противотоком. При использовании барботажных аппаратов внутри них устанавливают змеевики для пропускания воды, отводящей тепло. В скрубберных установках змеевики устанавливают в циркуляционных баках.

В тех случаях, когда при очистке газов получается не товарный, а слабый раствор соляной кислоты (например, при малой концентрации HCl в газе), его перед спуском в канализацию нейтрализуют известью или щелочами.

Очистка газов от хлора. Наиболее изученный и часто применяемый способ очистки газов от хлора состоит в промывке газа известковым молоком или раствором гидроксида магния. Уравнения реакции взаимодействия хлора с этими веществами имеют следующий вид:



По этим уравнениям, реакции протекают в том случае, когда в поглотительной жидкости имеется избыток соответствующего гидрата оксида. Если же весь гидрат оксида прореагирует, то в дальнейшем реакция протекает по следующей схеме:



Образующиеся кислоты действуют на получившийся вначале Ca(OC1)₂ или Mg(OC1)₂, поэтому при израсходовании всего гидрата оксида полнота улавливания хлора понижается.

Для хорошего поглощения хлора требуется, чтобы в орошающей жидкости содержание свободной извести в пересчете на CaO было не менее 10--20 г/дм³.

Полученный раствор содержит Ca(OC1)₂ или Mg(OC1)₂, которые перед сбросом в отвал следует подвергнуть дополнительной обработке для разложения этих соединений. Разложение гипохлорита можно осуществлять кислотой или нагревом с катализатором — солями меди и никеля, а также его взаимодействием с опилками.

Поглощение хлора известковым молоком обычно осуществляют в скрубберах с насадкой или без насадки. Аппаратуру, применяемую для улавливания кислых компонентов из газов, покрывают антикоррозионным материалом.

В ФРГ разработан метод полусухой очистки дымовых газов, так называемый "Систем Дюссельдорф". Принцип заключается в том, что в газовый поток в зоне реакции впрыскивают суспензию гидроксида кальция. Вертикальное расположение реактора, не требующего большого пространства, в сочетании с эффективной системой распылителей содействует оптимальному смешиванию реактива с дымовыми газами, так что достигается высокая степень отделения кислых компонентов дымовых газов SO₂, HCl и HF при экономичном расходовании нейтрализующих веществ. Поскольку внесенная доля воды полностью испаряется, остаются сухие продукты реакции. Они улавливаются с помощью дополнительно, подключенного пылеотделителя и помещаются в бункер для отходов. Принципиальная схема квазисухой очистки газов показана на рис. 57.

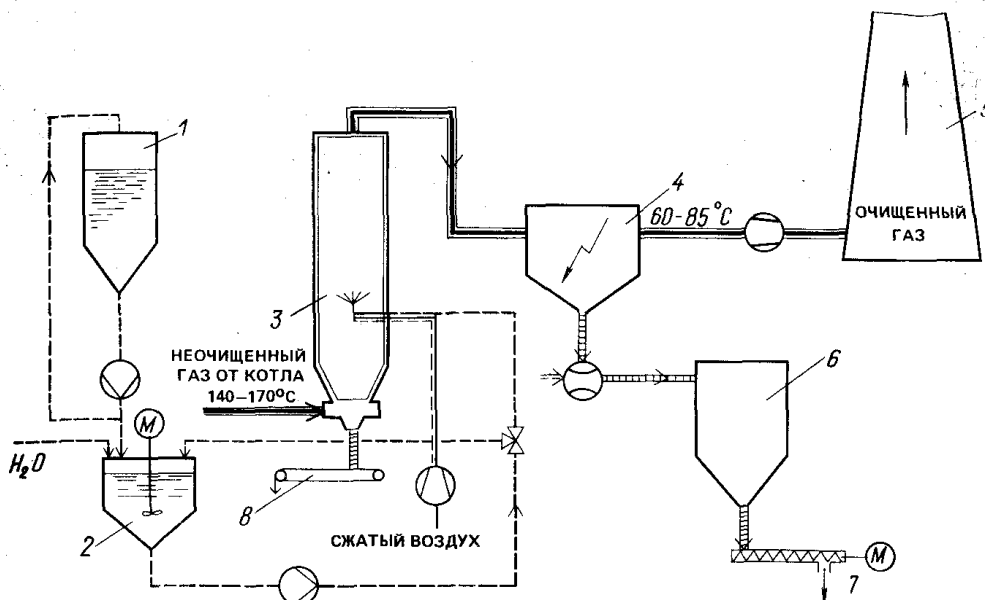


Рис. 57. Принципиальная схема квазисухой очистки дымовых газов "Система Дюсельдорф"
 1 - бункер для известковой воды; 2 - смеситель; 3 - реактор; 4 - электрофильтр; 5 - труба; 6 - бункер для отходов; 7, 8 - ступени обработки

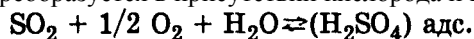
Фирмой "Флект" разработан метод трехступенчатой очистки газов "Драйпак", при котором дымовые газы после предварительной очистки поступают в реактор, где подвергаются квазисухой обработке известковым молоком. Сухой продукт, образовавшийся в реакторе, а также задержанный в третьей ступени -- тканевом фильтре, состоит главным образом из CaSO_3 и может быть переработан термическим окислением на сульфат кальция или технический ангидрид, который по своим свойствам соответствует природному ангидриду и может быть использован в производстве цемента [8, 31].

Очистка дымовых газов от оксидов азота. Для уменьшения эмиссий оксидов азота из топливных агрегатов и установок для сжигания отходов применяют различные технологические процессы. Первичные мероприятия, позволяющие в ограниченной степени уменьшить образование оксидов азота, относятся к оформлению топочного пространства и процессов горения. При вторичных мероприятиях используется возможность снижения выбросов оксидов азота на пути движения дымовых газов между экономайзером и воздухоподогревателем или между электрофильтром и дымовой трубой.

Для удаления оксидов азота посредством селективных каталитических реакций (способ СКР) перед воздухоподогревателем помещают катализатор, а в качестве восстановителя используют аммиак. Способ СКР получил распространение в Японии. В институте "Бергбау-Формунг" (ФРГ) разработаны способы одновременного удаления из дымовых газов SO_2 и NO_x и восстановления NO_x после очистки газов от серы [18]. Адсорбенты для очистки дымовых газов изготавливают из каменного угля по способу фирмы "Бергверксфербанд". Им присущи следующие свойства:

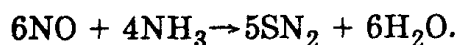
- • высокая адсорбционная способность;
- • большая скорость адсорбции;
- • высокая каталитическая активность при восстановлении NO_x аммиаком при низкой температуре;
- • небольшая реакционная способность по отношению к кислороду;
- • прежняя активность адсорбента после регенерации;
- • значительная механическая прочность.

При очистке прежде всего возникает вопрос об улавливании SO_2 с помощью адсорбентов. В большом диапазоне температур, начиная от температуры окружающей среды и кончая 150°C , SO_2 адсорбируется и преобразуется в присутствии кислорода и водяного пара в серную кислоту



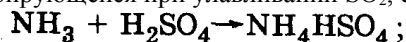
Кислота накапливается в порах адсорбента. Максимальное насыщение достигается при $t = 120^\circ\text{C}$, когда серная кислота показывает экстремально низкое давление пара.

В топочных газах содержатся оксиды азота NO_x представленные преимущественно монооксидом азота (NO) и лишь на 5--10 % диоксидом азота (NO_2). При температуре выше 80°C последний очень быстро восстанавливается, взаимодействуя с углеродом. При добавлении аммиака в дымовые газы реакция восстановления NO ускоряется:



Когда температура превышает 80°C, реакция между NO и NH₃ до образования нитрита аммония не протекает, так как последний не устойчив при высокой температуре.

Дымовые газы топок содержат наряду с оксидами азота еще и оксиды серы, которые не улавливаются полностью в системе удаления SO₂. Затем аммиак дополнительно реагирует с серной кислотой, адсорбирующейся при улавливании SO₂, с образованием гидросульфата и сульфата аммония



Адсорбенты, загрязненные серной кислотой и ее аммонийными солями, через 60 ч работы подвергаются термической регенерации, чтобы восстановить полную улавливающую способность при новом использовании для очистки дымовых газов.

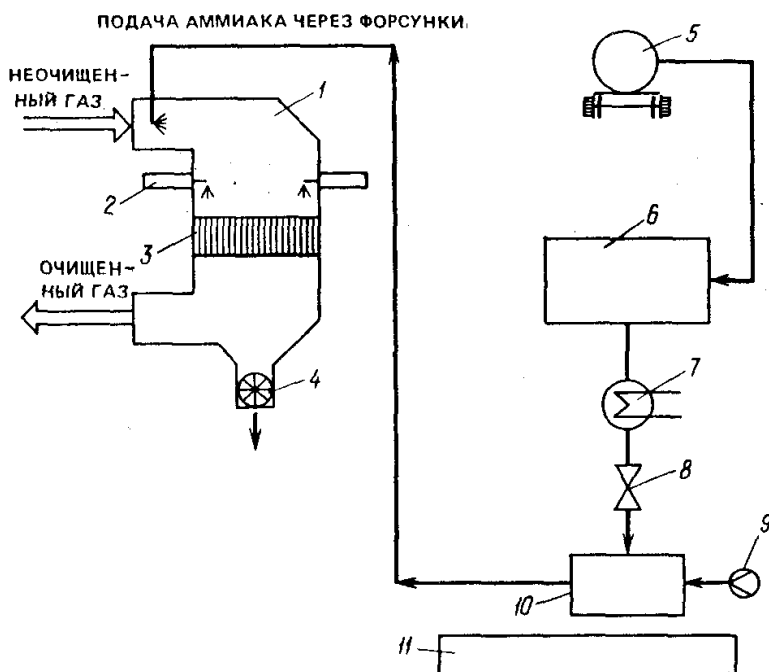
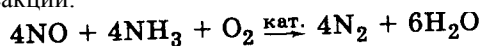


Рис. 58. Технологическая схема каталитического восстановления оксидов азота
1 - реактор; 2 - сажеобдувающий агрегат; 3 - катализатор; 4 - золоудалитель; 5 - станция разгрузки цистерн; 6 - хранилище для аммиака; 7 - испаритель аммиака; 8 - регулятор давления; 9 - воздуходувка; 10 - смеситель; 11 - снабжение аммиаком

На рис. 58 показана установка по селективному восстановлению оксидов азота по методу фирм "Маннесманн" и "Штойлер".

При селективном каталитическом восстановлении оксидов азота происходят следующие основные реакции:



На этой основе осуществляются все технологические процессы по селективному каталитическому восстановлению оксидов азота. При отдельных технологических процессах применяются различные катализаторы. Они определяют специфические свойства отдельных технологий и тем самым преимущества и недостатки.

Методы СКВ, применяемые в работе электростанций, основываются на разработках, которые велись с целью уменьшения отработанных газов, выделяющихся из установок по производству азотной кислоты. В течение уже нескольких лет в этой области применяются методы по очистке отработанных газов, при которых в качестве катализаторов используют пятиокись ванадия, платину или смесь из железа и оксида хрома.

Дальнейшие разработки привели к модифицированному использованию данных катализаторов для очистки дымовых газов электростанций. Здесь используются отчасти металлические, отчасти керамические материалы в качестве носителя каталитически активных веществ. Сам катализатор дополнительно наносят на носитель, который в большинстве случаев имеет сотовую структуру, или вводят в керамический носитель во время процесса изготовления. Пятиокись ванадия оправдала себя в качестве компонента с каталитическим эффектом.

Пятиокись ванадия оказалась, однако, не только хорошим катализатором для восстановления оксидов азота с аммиаком. Она ускоряет также превращение SO_2 в SO_3 . С повышением температуры степень превращения увеличивается.

Полученный SO_3 в свою очередь приводит к образованию аммониевых сульфатов, осадки которых при охлаждении дымовых газов сильно загрязняют последующие компоненты установки, например воздухоподогреватель.

Другой метод, разработанный фирмами "Маннесманн" и "Штойлер", при котором применяется молекулярное сито в качестве катализатора, значительно отличается от вышеуказанных технологий восстановления оксидов азота.

Молекулярное сито не является катализатором в обычном смысле, так как оно не содержит никаких примесей каталитически активных веществ. Его каталитическое действие основано на его структуре. Молекулярное сито состоит из кристаллической решетки, которая пересечена системой связанных порами полостей с большой площадью реакционной поверхности. Поры имеют определенный диаметр в пределах нанометра. В результате установленных размеров пор достигается высокая селективность, так как только молекулы определенной величины могут проникнуть через поры.

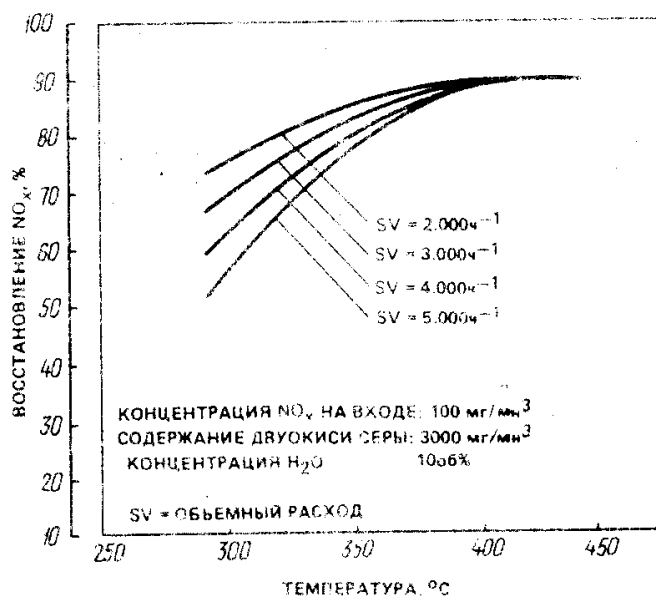


Рис. 59.
Ход
кривых
КПД

восстановления NO_x с молекулярным ситом в качестве катализатором

На первой ступени удаляются путем адсорбции содержащиеся в дымовых газах оксиды азота и аммиак. Затем в результате перепада концентрации эти вещества диффундируют во внутреннюю часть катализатора. В капиллярах потенциал для реакции оксидов азота с аммиаком уменьшается настолько, что этот экзотермический процесс может происходить уже при температурах дымовых газов от 300 до 480°C. После этого продукты реакции (вода и азот) удаляются под давлением из молекулярного сита и отводятся с потоком дымовых газов.

Поскольку реакция между компонентами происходит во внутренней части материала, катализаторные яды дымовых газов, т.е. диоксид серы, диоксид углерода и окись углерода, а также галогенные соединения не оказывают отрицательного влияния на КПД. Эти вещества не могут проникать в тонкие каналы. Никакая чувствительность к пыли не наблюдалась, так как возможны осадки только на поверхности катализатора, которая, однако, постоянно очищается абразивным действием летучей пыли.

В связи с очень большой площадью внутренней поверхности молекулярного сита, которое используется в качестве катализатора, оно располагает большой вместимостью для таких реакционных компонентов, как оксиды азота, аммиак и кислород. Благодаря этому компенсируются и более высокие колебания в концентрации этих газовых компонентов.

На рис. 59 изображаются кривые КПД восстановления NO_x с молекулярным ситом в качестве катализатора при определенном составе дымовых газов. Ясно показаны высокие значения КПД в широком температурном диапазоне при высоком удельном объемном расходе.

В последнее время с успехом проводятся работы по обезвреживанию оксидов азота путем подачи озона в дымовые газы после теплоутилизационного агрегата. С помощью В4-озо-наторов можно также полностью удалять из отходящих газов электростанций, сернокислотных заводов оксиды серы с превращением последних в товарную серную кислоту [1, 8].

Очистка газов от паров ртути. При относительно высоких концентрациях паров ртути основную их часть можно сконденсировать при охлаждении газов. В этом случае возможно образование ртутного

тумана, который можно улавливать электрофильтрами, получая ртуть, годную для повторного использования.

При низких концентрациях паров ртути их можно улавливать сухими поглотителями: активированным, хлорированным углем, а также пиролюзитом (марганцевой рудой).

ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ И ЗАГРЯЗНЕНИЙ

3.1. Обработка и утилизация отходов пластмасс	91
3.2. Утилизация и обработка отходов резины	99
3.3. Утилизация отходов древесины	103
3.4. Утилизация отходов картона и бумаги	104
3.5. Утилизация стеклобоя и отходов стекловолокна	106
3.6. Утилизация шлаков, золы и горелой земли	106
3.8. Обезвреживание и утилизация отходов гальванических производств	113
3.9. Обработка легковоспламеняющихся жидкостей	126
3.10. Обработка лакокрасочных и жиросодержащих отходов	133
3.11. Обезвреживание и утилизация отходов фенола	136
3.12. Утилизация тепловых отходов	137

3.1. Обработка и утилизация отходов пластмасс

Рост добычи природного газа и нефти, а также большой спрос на них в сферах промышленности и бытовых услуг привели к резкому повышению производства изделий из пластмасс и, соответственно, к увеличению отходов.

Пластмассы — это материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные под влиянием нагревания и давления формоваться в изделия сложной конфигурации и затем устойчиво сохранять приданную форму.

В зависимости от технологического процесса производства, применяемого наполнителя и связующего (смолы) различают пластмассы композиционные, слоистые и литые, а по природе применяемой смолы — термореактивные и термопластичные. Последнее имеет большое значение для утилизации пластмассовых отходов.

Пластмассы еще относительно мало используются как вторичное сырье. Это объясняется прежде всего многообразием типов пластмасс и выпускаемых из них изделий, а также сложностью состава, что затрудняет сортировку и переработку пластмассовых отходов, особенно бытовых. Между тем выпуск всевозможных изделий из пластмасс постоянно увеличивается. Так, в США производство пластмасс за последние 25 лет ежегодно возрастало на 11—15 % и выше. Среди капиталистических стран к началу 80-х годов США занимали третье место по годовому потреблению пластмасс на душу населения (35 кг) после ФРГ (44 кг) и Швеции (38 кг).

Пластмассы в первую очередь используются в промышленности для изготовления различного рода полуфабрикатов, изделий и деталей. В ряде случаев ими заменяют дорогостоящие и более тяжелые металлы. Из пластмасс изготавливают различные пленочные материалы для упаковки, а также поддоны, трубы, клеевые составы и т.д. В то же время пластмассовая упаковка вызывает значительное загрязнение окружающей среды, поскольку сразу после использования идет в отходы. Другие пластмассовые изделия переходят в отходы по мере износа.

Табл. 3.1. Срок службы пластмасс

Область применения пластмасс	Предполагаемый срок службы, г.		
	краткий	оптимальный	длительный
Оборудование:			
крупное	8	10	15
мелкое	3	5	8
Машиностроение и жилищное строительство	10	20	25
Электроника и электротехника	5	7	10
Мебельная промышленность	7	10	15
Производство предметов домашнего обихода	3	5	8
Транспорт	7	10	12
Сельское хозяйство	5	7	10

Американские специалисты условно установили для всех пластмассовых изделий три срока службы: краткий, оптимальный и длительный (табл. 3.1).

Основные направления утилизации и ликвидации пластмассовых отходов следующие:

- • захоронение на полигонах и свалках;
- • переработка пластмассовых отходов по заводской технологии;
- • совместное сжигание отходов пластмасс с городским мусором;
- • пиролиз и раздельное сжигание в специальных печах; использование отходов пластмасс как готового материала для других технологических процессов.

Захоронение отходов пластмасс на полигонах и свалках, которое пока наиболее широко распространено у нас в стране, может рассматриваться лишь как временная мера их утилизации, так как пластмассы подвергаются разложению чрезвычайно медленно. При этом методе из сферы возможного полезного использования изымаются тысячи тонн ценного вторичного сырья.

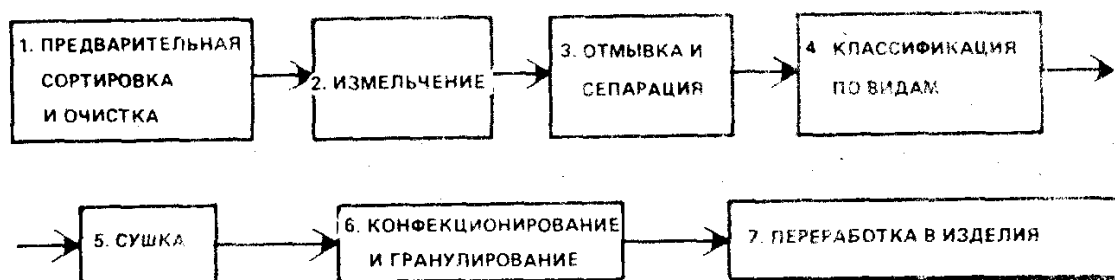


Рис. 60. Схема переработки отходов пластмасс

Переработка пластмассовых отходов по заводской технологии -- наиболее оптимальный метод их использования. При всем разнообразии способов переработки общая схема процесса и применяемого при этом оборудования может быть представлена следующим образом (рис. 60).

Первая стадия обычно включает сортировку отходов по внешнему виду, отделение непластмассовых компонентов, таких как ветошь, остатки бумажной или деревянной тары, металлических предметов и т.д. Вторая стадия — одна из наиболее ответственных в процессе. В результате одно- или двустадийного измельчения материал приобретает размеры, достаточные для того, чтобы можно было осуществлять его дальнейшую переработку.

На третьем этапе дробленый материал подвергают отмывке от загрязнений органического и неорганического характера различными растворами, моющими средствами и водой, а также отделяют его от неметаллических примесей.

Четвертая стадия зависит от выбранного способа разделения отходов по видам пластмасс. В случае, если предпочтение отдается мокрому способу, сначала производят разделение отходов, а затем их сушку. При использовании сухих способов вначале дробленые отходы сушат, а затем классифицируют.

Пятая и шестая стадии состоят в том, что высушенные дробленые отходы смешивают при необходимости со стабилизаторами, красителями, наполнителями и другими ингредиентами и гранулируют. Часто на этой же стадии отходы смешивают с товарным продуктом. Седьмой, заключительной стадией процесса является переработка гранулянта в изделия. Эта стадия практически мало чем отличается от процессов переработки товарного продукта с точки зрения применяемого оборудования, но часто требует специфического подхода к выбору режимов переработки.

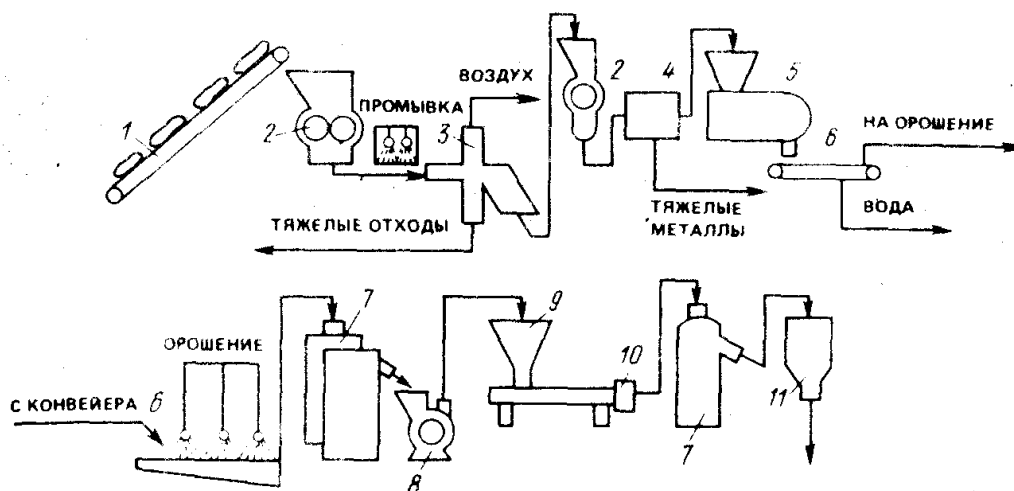


Рис. 61. Схема регенерации пластмассовых отходов 1 - конвейер; 2 - дробилка; 3 - воздушный классификатор; 4 - магнитный сепаратор; 5 - промыватель; 6 - конвейер; 7 - центробежные сушилки; 8 - мельница; 9 - экструдер; 10 - таблетующее устройство; 11 - бункер для таблеток

Полная реализация описанной схемы на практике является дорогостоящим и трудоемким процессом, поэтому внедрение ее довольно ограничено. Тем не менее известны установки, работающие по данной схеме в г. Фунабаси (Япония) мощностью 1000 т/год и в Англии - мощностью 2000 т/год. На установке в г. Фунабаси (рис. 61) пластмассовые отходы, содержащие до 10 % каучука, металла, стекла и пр., конвейером 1 подают в дробилку 2. Измельченные отходы промывают и пневматическим транспортером направляют в воздушный классификатор 3, где отделяется около 3 % тяжелых отходов. Далее отходы дополнительно измельчают в дробилке второй ступени и пропускают через магнитный сепаратор для удаления оставшихся металлов. Затем измельченные отходы еще раз промывают водой и детергентами и сушат в центробежной сушилке 7. Высушенные отходы перемалывают в турбинной мельнице 8 для предотвращения комкования и подают в экструдер 9, где с помощью таблетизирующего устройства 10 материал превращается в таблетки.

На установках такого типа перерабатывают, в основном, отходы потребления. Что же касается ПО, то схема процесса их переработки нередко упрощается за счет исключения ряда стадий (особенно 3, 4, 5) и часто сводится к следующей:

1,2,...6,7. На рис. 62 показана схема линии переработки отходов полиэтиленовой пленки.

Если удастся добиться достаточно высокой степени очистки и выделения индивидуальных отходов из смесей, а также если отходы предварительно рассортированы по видам пластмасс, их переработка во многом сходна с переработкой первичных пластмасс. Одним из существенных моментов при этом является способность полимеров сохранять или изменять свойства в процессе многократной переработки, поскольку от этого во многом зависит целесообразность самой переработки отходов. Изучение влияния кратности переработки большинства полимеров на их физико-механические свойства показало, что изменение последних связано, как правило, со снижением молекулярной массы пластмасс, разветвленностью их структуры и рядом других показателей. Снижение молекулярной массы пластмасс при многократной переработке приводит к определенным изменениям их прочностных показателей, хотя в качественном отношении они невелики.

Обычно содержание отходов в смеси с товарным продуктом не должно превышать 20 %, так как в противном случае резко ухудшается глянец изделий, получаемых при переработке гранулянта, появляется шероховатость на их поверхности. Гранулянт наиболее распространенного полимера — полиэтилена, как правило, перерабатывают в пленку, которая используется в сельском хозяйстве для неотчетливых целей, или идет на изготовление мешков для мусора. Пленку получают на обычной установке для выпуска рукавной пленки, отбирая гранулы с ПТР 1,3-2 г/10 мин.

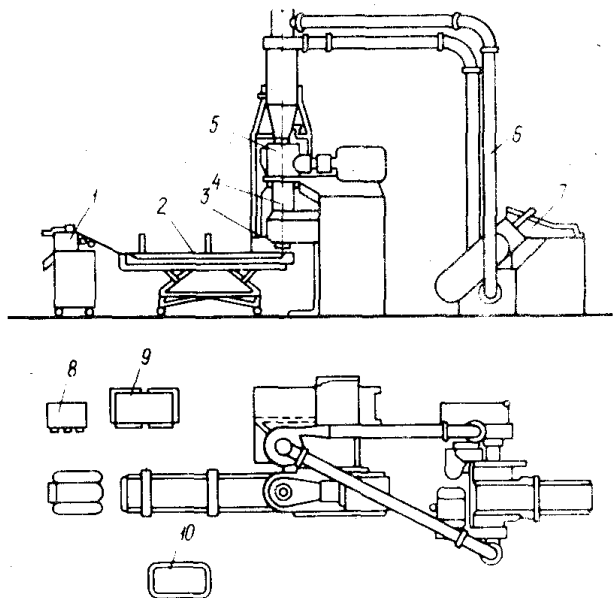


Рис. 62. Линия для переработки отходов полиэтиленовой пленки

1 - гранулятор; 2 - ванна охлаждения;
3 - гранулирующая головка; 4 конусно-шнековый экструдер; 5 - дозирующий питатель; 6 - пневмотранспортер; 7 - измельчитель; 8, 9 - шкафы управления; 10 - пульт управления

Для переработки отходов методом литья под давлением, как правило, применяют машины, работающие по типу интрузии с постоянно вращающимся шнеком. Его конструкция такова, что обеспечивает самопроизвольный захват и гомогенизацию отходов.

Особенностью повторной переработки поливинилхлорида (ПВХ) является необходимость его дополнительной стабилизации. Отходы мягкого ПВХ

используют главным образом для получения бытовых пленочных изделий (пленок, скатертей, наклеек, фартуков и пр.). Для этого 20 % отходов измельчают на смесительных вальцах, смешивают с товарным ПВХ, стабилизаторами, красителями и смазками, после чего пропускают через систему подогревательных и отделочных вальцов.

Большой опыт, достигнутый при переработке отходов некоторыми зарубежными фирмами, позволяет использовать индивидуальные полимерные отходы без смешения с товарным продуктом. Однако в этом случае важное значение приобретает сортировка, классификация и дополнительное смешение материала с необходимыми добавками.

Стабильность качества материалов из отходов позволяет систематически использовать их для получения определенных пластмассовых изделий. Так, из отходов полиэтилена высокого давления (ПЭВД)

изготавливают мешки для мусора, трубы для защиты кабеля, хозяйственные ведра, прокладки и угольники, уплотнительные профили, пленки, применяемые в сельском хозяйстве и строительстве. Отходы литьевого полиэтилена низкого давления (ПЭНД) перерабатывают в элементы строительных опалубочных конструкций, прокладки, ведра, каркасы светильников, а полипропиленовые отходы - в текстильные шпули, детали сантехники, дверные ручки, ручки чемоданов, ящики для растений.

Другая тенденция утилизации сводится к разработке способов и соответствующего технологического оборудования для переработки смеси отходов без предварительного разделения. Это делает процесс утилизации более дешевым, однако физико-механические свойства изделий, полученных таким образом, гораздо ниже.

Все более широкое распространение для использования отходов пластмасс получает многокомпонентное литье, при котором изделие имеет наружный и внутренний слои из различных материалов. Наружный слой — это, как правило, товарные пластмассы высокого качества, стабилизированные, окрашенные, имеющие хороший внешний вид.

К внутреннему слою не предъявляют высоких требований ни по физико-механическим показателям, ни по внешнему виду. Материал может быть не стабилизирован и не окрашен. В состав этого слоя часто включают такие дешевые наполнители как тальк, сульфат бария, стеклянные и керамические шарики, вспенивающий агент. Одна из типичных рецептур внутреннего слоя, % по массе, приведена ниже:

отходы полистирольных пластиков	60
наполнитель (тальк)	39,5
вспенивающий агент	0,5.

Такой состав внутреннего слоя позволяет значительно снизить стоимость изделий, с одной стороны, и утилизировать отходы — с другой. Изделия с применением внутреннего слоя, называемые сэндвич-конструкциями, применяют в основном при изготовлении мебели и предметов домашнего обихода.

***Совместное сжигание отходов пластмасс с бытовым мусором.** Большое количество пластмасс попадает в городской мусор.*

В США, например, в мусор ежегодно поступает свыше 5 млн. т пластмассовых отходов. В настоящее время в США и странах Западной Европы содержание пластмасс в мусоре составляет 2--4 %, в нашей стране -- 1,5--2 %. Согласно прогнозам, во Франции содержание пластмасс в мусоре в ближайшие 10 лет возрастет до 5 %, в Великобритании - - до 6 %. Особое место занимает Япония, где содержание пластмасс в мусоре составляет свыше 9 % всей его массы.

За последнее время в странах Западной Европы, США и Японии, а также в ряде городов СССР складирование ТБО в значительной мере вытесняется их сжиганием на мусоросжигательных заводах. При этом сжиганию подвергаются и находящиеся в мусоре отходы пластмасс, попадающие туда из домовладений.

В некоторых странах практикуется прием на мусоросжигательные заводы небольшого количества ПО, включающих в себя пластмассы. В СССР сжигание таких отходов на мусоросжигательных заводах не допускается с целью предотвращения загрязнения воздушного бассейна.

Пиролиз. В последнее время при утилизации и обработке отходов пластмасс все большее применение находят термические методы. Они особенно распространены в тех случаях, когда отходы не находят практического использования и не могут быть утилизированы путем переработки в изделия или различные композиции. Помимо описанного выше способа сжигания пластмасс совместно с городским мусором, в промышленно развитых странах Западной Европы, Японии и США все большее распространение получает пиролиз. При пиролизе пластмасс, как и при пиролизе ТБО, стали отходить от стандартных способов их газификации косвенным нагревом и переходят на непосредственный нагрев с тем, чтобы повысить коэффициент теплопередачи, увеличить производительность установок и снизить капиталовложения в их строительство и эксплуатацию.

С этой целью разрабатываются разные системы непосредственного нагревания: например, в США исследуются вращающиеся печи, вертикальные реакторы шахтного типа, системы с псевдоожиженным слоем, подвижные топочные решетки и др. В табл. 3.2. приведены данные о теплоте сгорания продуктов, полученных из разных пластмасс при различных температурах, которые свидетельствуют о более высокой теплоте сгорания жидкостей по сравнению с газами и низкосортными твердыми продуктами пиролиза.

3.2. Теплота сгорания продуктов полученных из пластмасс посредством пиролиза.

Рабочая температура, °С	Уголь, МДж/кг	Дистиллят, МДж/кг	Газ, МДж/кг
500–900	20,1	40,9	16
750	19,1	40,1	16,7
900	18,6	40,1	12,4

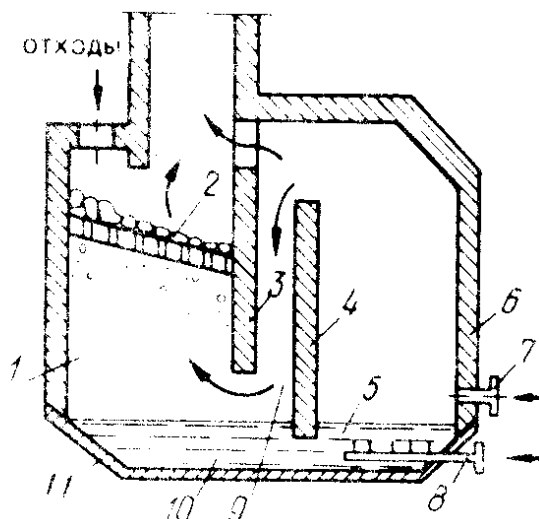


Рис. 63. Схема специализированной печи для сжигания плавящихся отходов

1 - камера плавления; 2 - решетка; 3 - стенка камеры плавления; 4 - стенка камеры сгорания; 5 - барботажная ванна; 6 - камера сгорания; 7 - подана вторичного воздуха; 8 - труба для подачи первичного воздуха; 9 - вертикальный канал; 10 - расплав; 11 - ванна расплава

Раздельное сжигание пластмассовых отходов. Пластмассовые отходы можно сжигать в описанных в гл. 2 промышленных печах различных конструкций: барабанных, многоподовых, с кипящим слоем и др. Особенностью термопластов является то, что при высоких температурах они плавятся. Это свойство

отходов при сжигании их в печах с колосниками может привести к тому, что расплав попадет сквозь прозоры в подколосниковые пространства и затвердеет там, создав трудности для эксплуатации печи.

Для сжигания плавящихся отходов термопластов в п/о "Техэнергохимпром" разработаны специальные конструкции печей, одна из которых показана на рис. 63. Твердые отходы в виде кусков подают на решетку 2. Часть высокотемпературных продуктов полного сгорания, полученных при барботажном сжигании в ванне 5, направляют над слоем отходов, а другую часть -- под слой. Вследствие незначительного содержания кислорода в этих продуктах отходы в слое не горят, а лишь плавятся. Расплавленные отходы в виде капель и струй попадают навстречу потоку высокотемпературных продуктов полного сгорания, подаваемых под слой, и перегреваются. Расплавленные отходы собираются под слоем и поступают на барботажное сжигание. Находящиеся под слоем и на барботажном сжигании расплавленные и перегретые отходы образуют общий уровень расплава. При барботажном сжигании через расплав отходов из патрубка 8 подают первичный окислитель. Происходит горение расплавленных отходов над слоем в потоке вторичного воздуха с образованием высокотемпературных продуктов полного сгорания, которые разделяются на два потока и направляются — один над слоем твердых отходов, другой — под слой, пропуская этот поток над поверхностью расплава. Соотношение потоков продуктов полного сгорания регулируется уровнем расплава. При увеличении количества расплавленных отходов под слоем уровень расплава поднимается, и площадь сечения для прохода продуктов полного сгорания уменьшается. В результате уменьшается количество теплоты, передаваемой на плавление отходов, и количество расплава; уровень его под слоем понижается и соответственно изменяется соотношение потоков высокотемпературных продуктов полного сгорания.

С целью улучшения условий горения пластмассовых отходов и снижения теплоты сгорания иногда их предварительно обрабатывают. В США и Канаде перед сжиганием проводят брикетирование отходов пластмасс с текстильными и бумажными отходами. Эти брикеты с теплотой сгорания 14,3—17,8 МДж/кг сжигают на городских ТЭЦ вместе с углем (соотношение "уголь:брикеты" — 7:1), не внося никаких изменений в конструкции топок и технологический режим горения.

Термическое обезвреживание пластмасс методом сжигания целесообразно использовать только в тех случаях, когда не могут быть применены более рациональные методы регенерации — путем повторной переработки или в композициях и пиролизе.

Использование отходов пластмасс как готового материала для других технологических процессов. Отходы синтетических материалов легкой и др. отраслей промышленности, не находящие применения, могут использоваться как ценные исходные материалы для других технологических процессов, например для очистки промышленных сточных вод.

На многих предприятиях страны образуются отходы в виде синтетических волокон, пряжи, обрезков и т.п. Так, на Димитровградском комбинате технических сукон ежегодно образуется до 200 т мелких отходов сипрона и вазопрона (ширина 10—12 см, длина до 2 м), которые прессуются в кипы по 100—150 кг. Сипрон и вазопрон представляют собой отходы нетканых синтетических материалов на основе нитроновых и лавсановых волокон различных метрических размеров.

Известно, что для тонкой очистки сточных вод от нефтепродуктов наиболее пригодны синтетические материалы и активированные угли. Однако последние дороги и дефицитны.

МосводоканалНИИпроектом было предложено использовать отходы синтетических волокон и нетканых материалов для очистки промышленных сточных вод, в соответствии с чем проводились испытания сорбционной способности различных синтетических материалов: полипропилена, лавсана, сипрона, нитрона, капрона и ряда других, в том числе несинтетического происхождения, являющихся отходами производства. Результаты испытаний приведены в табл. 3.3.

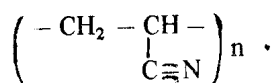
3.3. Статическая сорбционная способность некоторых синтетических материалов

Волокно	Метрический номер	Статическая активность, г/г
Нитрон	400	11,2
"	1500	14,7
"	3000	19,6
Лавсан	1400	14,1
"	3000	19,3
Капрон	1500	13,1
"	2700	16,0
Полипропилен	1500	10,4
"	3250	14,5
ПВХ	700	12,1
"	1300	12,7
Сипрон (нитрон 400--50%)	—	—
(нитрон 400--50%)	—	—
(" 1500--25%)	—	—
(лавсан 1400--25%)	—	12,9
Вазопрон	—	13,2
(сипрон + тканевая основа)	—	—
Олсорб (японский нетканый материал, изготовленный фильерным способом из полипропиленовых волокон)	—	16,72

Метрические номера 400--3000 указывают на диаметр волокна, который меняется от 52 до 18 мкм соответственно. С возрастанием номера уменьшается диаметр волокна и растет его поверхность.

При контакте синтетических волокон с нефтепродуктами происходит не только молекулярная адсорбция нефтепродуктов, но и ярко выраженная адгезия за счет электрических uncompensated положительных зарядов, которые имеет синтетическое волокно.

Частицы нефтепродуктов, обладающие в сточных водах отрицательным зарядом, хорошо притягиваются к полипропилену. Атомы азота в нитрильных группах нитрона и полиак-рилонитрила имеют формулу



Они содержат uncompensated положительные заряды, так как максимальная валентность азота равна +5, а в данном случае он проявляет валентность +3. Поскольку молекулы нитрона обладают положительными зарядами, он также может адсорбировать нефтепродукты.

Капрон — полиамидное волокно $[-\text{HN}(\text{CH}_2)_5\text{CO}-]_n$, в котором атом азота также проявляет валентность +3 и имеет uncompensated положительный заряд, что является причиной адсорбционно-адгезионной способности капрона при контакте с нефтепродуктами.

Положительный опыт очистки мочных и ливневых вод способствовал разработке МосводоканалНИИпроектом серийно выпускаемой в настоящее время очистной установки "Кристалл", в которой используются отходы нетканых синтетических материалов [14]. Качество очистки воды позволяет осуществлять замкнутый водооборот. Установка серийно изготавливается заводом "Водоприбор" (Москва). Отходы сипрона для нее поставляет Димитровградский комбинат технических суконов. Сипрон и вазопрон (в виде отходов) используют также в очистных сооружениях отстойного типа для доочистки воды. Зависимость качества очистки воды от высоты слоя нетканого синтетического материала показана на рис.

Специалистами Харьковского филиала Московского института ВНИИВОДГЕО были исследованы свойства, фильтрующая и сорбционная способности пенополиуретана и его отходов для очистки нефтесодержащих сточных вод. Отходы пенополиуретана образуются во многих отраслях промышленности. Их широко используют для очистки нефтесодержащих сточных вод.

Кроме утилизации и обезвреживания пластмассовых отходов, следует отметить их использование в строительстве. В большинстве асфальтовых дорожных покрытий основными связующими являются битумы различной природы. Обладая рядом достоинств в качестве связующего каменной основы и имея невысокую стоимость, битумы, в состав которых входят полярные соединения, отличаются недостаточной водостойкостью. Их прочностные показатели также сравнительно невысоки. Все это в значительной степени ухудшает свойства асфальтовых покрытий на основе битумов и сокращает сроки их эксплуатации. Использование отходов полиолефинов в композиции с битумом является одним из традиционных направлений, позволяющих модифицировать свойства покрытий.

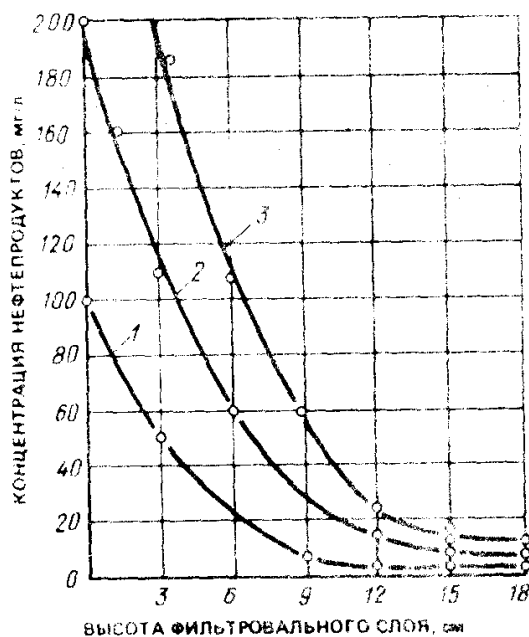


Рис. 64. Зависимость качества очистки сточных вод от высоты слоя синтетического нетканого материала
 1 - начальная концентрация нефтепродуктов (100 мг/л);
 2 - начальная концентрация нефтепродуктов (200 мг/л);
 3 - начальная концентрация нефтепродуктов (1000 мг/л)

В строительстве отходы пластмасс применяют в композициях с традиционными строительными материалами с целью модификации их свойств, для получения звукоизоляционных плит и панелей, а также герметиков, используемых при возведении зданий и гидротехнических сооружений и т.д. В СССР

значительный опыт утилизации отходов пластмасс накоплен Всесоюзным научно-исследовательским институтом вторичных ресурсов (ВНИИР) Госнаба СССР.

У нас в стране поливинилхлоридные (ПВХ) отходы составляют большую часть по объемам образования и накопления. Их неиспользуемые ресурсы по стране достигают более 100000 т/год. Лишь в Москве и области они составляют более 10000 т/год. Образуются эти отходы в виде обрезков, высечек, заправочных концов, полос и пр. при производстве пленочных материалов, искусственных кож и изделий из них.

Кроме того, отходы ПВХ образуются при производстве изделий строительного назначения (линолеум, обои, длинномерные изделия). На предприятиях используют, в основном, пластифицированные (содержащие более 20 % пластификатора) технологические отходы ПВХ как добавку к первичному сырью. Неиспользуемыми остаются пластифицированные отходы на тканевой основе и слабопластифицированные отходы в виде пленок и длинномерных изделий.

Институтом ВНИИР разработаны и внедрены в промышленность технологические процессы переработки неиспользуемых ПВХ отходов в изделия строительного назначения (линолеумная плитка и пленка). По физико-механическим, эксплуатационным и санитарно-гигиеническим показателям линолеумная плитка из вторичного сырья не уступает такой же плитке из первичного сырья. Ежегодный выпуск таких материалов составляет более 1 млн. м² (при потребности 19 млн. м²).

Во ВНИИРе также разработаны технологии получения из отходов термопластов втулок, труб, нетканых синтетических материалов и т.п.

Создание полимеров с регулируемым сроком службы. В странах с развитой промышленностью отходы полимерных материалов, чрезвычайно медленно разлагающиеся в естественных условиях, являются серьезным источником загрязнения окружающей среды. Особую опасность представляет пластмассовая тара разового пользования, пленка и упаковочные материалы, которые, как правило, не попадают в общую систему сбора, составляя так называемый пластмассовый мусор.

Для сокращения времени утилизации отходов пластмасс в последнее время разрабатываются и выпускаются специальные типы полимеров с регулируемым сроком службы. Как правило, это фото- и (или) биоразрушаемые полимеры, которые под действием света, тепла, воздуха и микроорганизмов, содержащихся в почве, разлагаются до низкомолекулярных продуктов и ассимилируются в почве, включаясь таким образом в замкнутый биологический цикл. Отличительной особенностью этих полимеров является способность сохранять потребительские свойства в течение всего необходимого периода

эксплуатации и лишь после истечения этого периода претерпевать физико-химические и биологические превращения, приводящие к деструкции и разрушению.

Фоторазрушаемые полимеры. Большая часть разработанных в настоящее время полимеров с регулируемым сроком службы представляет собой фоторазрушаемые полимеры, которые благодаря присутствию в них специальных групп или соединений способны разлагаться в естественных условиях до низкомолекулярных полимеров (молекулярная масса 1000 и меньше), поглощаемых в дальнейшем микроорганизмами атмосферы и почвы. Как правило, для придания полимерам способности разрушаться под действием света используют специальные добавки или вводят в состав полимера молекулярные светочувствительные группы. Для того чтобы такие полимеры нашли практическое применение, они должны удовлетворять определенным требованиям:

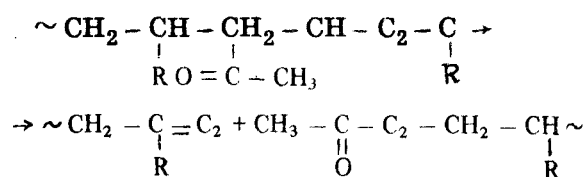
- • в результате модификации полимера не должны существенно изменяться его эксплуатационные характеристики;
- • добавки, вводимые в полимер, не должны быть токсичными, поскольку полимеры предназначаются в первую очередь для изготовления тары и упаковки;
- • полимеры должны перерабатываться обычными методами, не подвергаясь при этом разложению;
- • необходимо, чтобы изделия, полученные из таких полимеров, могли храниться и эксплуатироваться длительное время при отсутствии прямых ультрафиолетовых лучей;
- • время от изготовления полимера до его разрушения должно быть известно; необходимо его варьирование в широких пределах;
- • продукты разложения полимеров не должны быть токсичными.

С точки зрения фотохимии возможность создания фоторазрушающихся полимеров обуславливается тем, что энергия диссоциации основной связи C — C большинства полимеров составляет 350 кДж/моль, в то время как энергия естественных ультрафиолетовых лучей находится в пределах 400—600 кДж/моль. Однако эта энергия будет направлена на разрушение полимера лишь в том случае, если, во-первых, полимер способен поглощать свет с длиной волны 400--100 нм и если, во-вторых, поглощенная энергия передается другим молекулам таким образом, чтобы они претерпели химические превращения, в результате которых происходит деструкция.

Упаковочные полимеры с регулируемыми сроками службы стабильны внутри помещения, так как оконное стекло поглощает ультрафиолетовое излучение, способное вызывать деструкцию. Стойкость материала к действию солнечного света за стеклом толщиной 7 мм в 10 раз выше, чем на открытом воздухе.

Одним из наиболее известных способов создания фоторазрушаемых полимеров является введение в полимерную цепь группировок, содержащих карбонильные группы.

Разработанные в Канаде фоторазрушаемые полимеры с торговым названием "Эколиты" предусматривают введение светочувствительных кетонных группировок в полимер в процессе сополимеризации. Это обеспечивает абсорбцию полимером ультрафиолетовых лучей с длиной волны около 335 нм и последующую деструкцию по реакции Норриша.



Скорость фотодеструкции, как правило, пропорциональна концентрации кетонных групп в полимере. Таким образом, изменяя состав сополимера, можно направленно регулировать время разрушения полимеров (до достижения хрупкости) от 3 до 200 сут. Этот факт был использован голландской фирмой "Ван Леер" при разработке товарных марок эколитов на основе полистирола ("Эколит ПС"), полиэтилена ("Эколит ПЭ") и полипропилена ("Эколит ПП"). Определенным удобством эколитов является возможность использования их в качестве концентратов, которые смешивают в различных соотношениях с немодифицированным полимером, регулируя таким образом скорость фоторазрушения полученных материалов.

При практически одинаковых исходных физико-механических показателях фоторазрушаемых и немодифицированных полимеров скорость изменения прочностных свойств эколитов в процессе фотостарения значительно выше, что определяется резким снижением молекулярной массы этих материалов. Под действием ультрафиолетового облучения в искусственных или естественных условиях фоторазрушаемые материалы сначала растрескиваются, затем рассыпаются на кусочки различных размеров, в дальнейшем превращаясь в порошок.

Биоразрушаемые полимеры. Большинство полимерных материалов, выпускаемых в настоящее время промышленностью, отличается исключительно высокой стойкостью к воздействию микроорганизмов. Это является одной из основных причин, обусловивших широкое применение таких материалов в народном хозяйстве. Однако, если рассматривать отработанные полимеры как источник загрязнения окружающей среды, то это их достоинство — биостойкость -- превращается в серьезный недостаток. Полимерные отходы

в естественных условиях разлагаются чрезвычайно медленно и практически не подвержены действию микроорганизмов воздуха и почвы.

Один из путей создания биоразлагаемых полимеров уже описан выше: фоторазрушаемые композиции после выдержки в атмосферных условиях настолько сильно деструктируют, что легко усваиваются микроорганизмами, содержащимися в почве. По этой причине фоторазрушаемые полимеры часто называют биоразрушаемыми.

Другой способ создания полимеров, разлагающихся под влиянием микроорганизмов, заключается в добавке в полимерную матрицу веществ, которые сами легко разрушаются и усваиваются микроорганизмами.

Биоразрушаемые материалы могут быть получены модификацией природных полимеров, которые по прочностным показателям часто приближаются к пластмассам. Так, в Японии практическое применение нашли привитые сополимеры крахмала и метилакрилата, пленки которых используются в сельском хозяйстве для мульчирования почвы. Прививку метилакрилата на крахмал осуществляют в присутствии $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$. Пленки из сополимера определенное время обладают высокими физико-механическими показателями, однако в естественных условиях быстро подвергаются деструкции.

Существует и другой способ сделать полимеры биоразлагаемыми — с помощью специальных штаммов микроорганизмов, способных разрушать полимеры. Так, японскими учеными выведены из почвы бактерии *Pseudomonas* SSP, которые вырабатывают фермент, расщепляющий поливиниловый спирт. После разложения фрагменты полимера полностью усваиваются бактериями. Используя это, японская фирма "Кураре" применила этот фермент в качестве добавок к активному илу на водоочистных сооружениях для более полной очистки сточных вод от поливинилового спирта.

3.2. Утилизация и обработка отходов резины

Одним из распространенных материалов в процессе производства является резина, которая получается путем вулканизации резиновой смеси или каучука горячим или холодным способом.

В зависимости от содержания серы в резине ее называют мягкой (2--8 % серы), полутвердой (12--20 % серы), твердой или эбонитом (25--30 % серы). Резиновые отходы образуются в сфере производства -- в процессах изготовления резинотехнических изделий (РТИ), товаров народного потребления, в шинной промышленности и сфере потребления (изношенные покрышки, резиновая обувь и т.п.).

Производство РТИ занимает особое место среди отраслей резиновой промышленности. Широкий ассортимент продукции определяет разнообразие применяемых материалов, технологических приемов обработки, оборудования и производственных процессов.

Основными РТИ являются: конвейерные ленты, приводные ремни (плоские и клиновые), формовые изделия, товарная резина, прорезиненная ткань, техническая пластина. Резиновые невулканизированные и вулканизированные, резинотканевые невулканизированные и вулканизированные, текстильные и резинометаллические отходы являются важнейшими при производстве РТИ.

Резиновые невулканизированные отходы (РНВО) включают в себя резиновые смеси, непригодные для использования по прямому назначению, а также остатки резиновых смесей. Наиболее ценным их компонентом является каучук, содержание которого достигает 90 % и более. По качеству этот вид отходов приближается к исходным резиновым смесям.

Технология переработки РНВО состоит из подготовки отходов к использованию: сортировки и очистки от посторонних включений на стрейнерах или рифайнервальцах и обработки очищенных отходов на смесительных вальцах с целью усреднения физико-механических показателей. Разогретая смесь срезается с вальцов калиброванными листами и поступает на заготовительный участок для производства готовой продукции.

Резиновые вулканизированные отходы (РВО) -- это отходы производства резиновых смесей на стадиях вулканизации и отделки готовой продукции, а также бракованные изделия. Содержание каучука, химически связанного с другими ингредиентами, в этих отходах достигает почти 50 %.

РВО -- ценное вторичное сырье, хотя по качеству отличается от первичного. Его используют при изготовлении товарной резиновой крошки, применяемой на предприятиях как добавка к первичному сырью.

Резинотканевые невулканизированные отходы (РТНВО) -- это остатки прорезиненных тканей, образующихся при изготовлении заготовок резинотехнических изделий, а также бракованные изделия. В этих отходах наряду с каучуками большую ценность представляют ткани (капрон, анид, терплен, хлопчатобумажные ткани, шелк и др.), сохраняющие свои свойства. РТНВО по качеству можно сопоставить с первичным сырьем.

Переработке РТНВО предшествует их сортировка и размельчение на дробильных вальцах. Подготовленные отходы используют в качестве добавки к первичному сырью или непосредственно для производства изделий (шифера, амортизационных досок, передников, рукавиц, бровок и т.п.)

Резинотканевые вулканизированные отходы (РТВО) -- остатки от штамповки и отделки готовых изделий, а также бракованные резинотканевые изделия. Ценность РТВО меньше, чем

невулканизированных резиноканевых отходов, поскольку при вулканизации ухудшаются физико-механические свойства тканей, а также усложняется переработка таких отходов.

Резиноканевые вулканизированные отходы образуются при производстве резинотехнических изделий. Измельченные РТВО используются в качестве добавок при производстве шифера, а также бытовых товаров (фартуков, надувных лодок и т.п.)

Текстильные отходы (ТО) -- это остатки тканей и пряжи различного происхождения и размеров. Ценность этих отходов незначительна. ТО образуются при подготовке технических тканей к обработке на каландрах и другом оборудовании (т.е. при пропитке, промазке резиновой смесью и т.п.), при раскрое на заготовки, обрезке кордшнура, а также при трощении ниток с фабричных бобин на производственные шпули, оплетенки и пр. ТО используют при изготовлении изделий неответственного назначения, например технических рукавиц и пр.

Отходы шинной промышленности. Шинная промышленность -- крупнотоннажная отрасль народного хозяйства: масса одной покрышки колеблется в пределах 2—7,5 кг (мотоциклетные и легковые покрышки) до 1000 кг (крупногабаритные покрышки). Средневзвешенная масса автомобильной покрышки при существующем ассортименте составляет 40 кг. Кроме пневматических шин к изделиям шинной промышленности относятся: материалы для ремонта шин, пневматические муфты, пневмобаллоны и другие изделия.

Основные отходы шинного производства те же, что и при производстве РТИ. Резиновые и резиноканевые отходы шинного производства перерабатывают на оборудовании, предназначенном для переработки резины, и по технологии, традиционной для ее получения. Ассортимент некоторых изделий, выпускаемых из отходов шинного производства, приведен ниже.

Изделие	Тип отходов
Шифер	Отходы резиновых смесей и обрезиненного корда
Плита резинокордная для покрытия полов животноводческих помещений	То же
Рулонная кровля	„
Техническая пластина	Отходы резиновых смесей
Скребки для транспортных лент сельскохозяйственных машин	Отходы резиновых смесей и обрезиненного корда
Прокладки резиновые под рельсы трамвайных путей	Отработанные диафрагмы

Учет наличия и образования ресурсов изношенных покрышек ведет НИИ шинной промышленности Министерства нефтеперерабатывающей промышленности СССР, являющийся головной организацией, ответственной за разработку предложений по использованию изношенных покрышек и техническое развитие соответствующей отрасли промышленности. Изношенные покрышки собирают организации "Союзглаввторресурсы" согласно требованиям ГОСТ 8407--84*. Ежегодно собирается такое количество изношенных покрышек, которое может быть переработано. Планирование ежегодного сбора и поставок покрышек осуществляется на основе договоров с перерабатывающими предприятиями. На заводах-потребителях покрышки сортируют по размерам и моют.

Все основные материалы, содержащиеся в изношенных покрышках, сохраняют структуру и свойства, сравнительно близкие к первоначальным. Резина как конструкционный материал подвергается незначительным структурным изменениям, что в определенной степени связано с присутствием в ней ингибитора, препятствующего старению и задерживающего процесс окисления. Те же принципиальные закономерности характерны и для кордного волокна, входящего в состав покрышек. Содержащийся в покрышках металл не претерпевает изменений при эксплуатации изделия. Основными возможными направлениями комплексной переработки и использования изношенных покрышек являются: производство регенерата; получение резиновой крошки для строительства Дорог с усовершенствованным асфальтобетонным покрытием И для производства гидроизоляционных, строительных и некоторых технических материалов; получение технического углерода и других необходимых для народного хозяйства продуктов методом пиролиза; получение тепла (как источник энергии) путем сжигания покрышек в специализированных установках; укрепление откосов берегов морей и рек, создание искусственных рифов в морях, плавающих волнорезов, противоударных барьеров на дорогах и т.д.

Регенерация резины наиболее целесообразна в технико-экономическом отношении: сырьевые материалы, содержащиеся в резиновой части покрышек используются по прямому назначению, т.е. возвращаются в баланс резиновой промышленности. Для производства регенерата в отечественной промышленности применяются два метода: водонейтральный и термомеханический. Кроме того, ограниченно используют паровой метод, в основном при получении цветного регенерата.

Водонейтральный метод в настоящее время считается устаревшим, поскольку характеризуется периодичностью процесса девулканизации, многоступенчатостью и образованием большого количества химически загрязненных стоков, подлежащих очистке.

Термомеханический метод, применяющийся с середины 60-х годов, обладает рядом технических преимуществ (непрерывностью, быстротой производственных процессов, их полной механизацией) и постепенно вытесняет водонейтральный метод. Перспективен метод диспергирования, дающий регенерат наиболее высокого качества и позволяющий одновременно получать водную дисперсию резины, которая является самостоятельным товарным продуктом, заменяющим каучуковые латексы.

Процесс регенерации резины, осуществляемый любым из методов, делится на три основные стадии: подготовка резинового сырья, девулканизация резины и механическая обработка девулканизата. Каркас покрышки обычно состоит из нескольких слоев специальной прорезиненной ткани (корда). Беговая часть покрышки — протектор -- образована из толстого слоя рифленой резины, борта служат для крепления покрышки на ободе колеса и имеют сцепление из стальной проволоки.

Технология переработки старых покрышек заключается в том, что от них отрезаются борта, а оставшиеся части разрезаются на куски размером 100--250 мм. После грубого измельчения куски подаются на двух- или трехкратное мелкое измельчение на измельчительных вальцах. Полученные фракции подаются на участок классификации, оснащенный виброситами с двумя сетками (ячейки верхней сетки имеют размеры 3--5 мм, нижней -- 1 мм): на верхней сетке остается волокнистый тканевый корд, а резиновая крошка, падая вниз, проходит через магнитный сепаратор, где от нее отделяются кусочки проволоки (в случае, если покрышка была с металлическим кордом).

Девулканизация резины является основным процессом регенератного производства, при котором происходит превращение резины в пластичный продукт под влиянием механической, тепловой и химической энергии цепного процесса окисления полимерного вещества вулканизата.

Деструкции резины способствуют определенные химические вещества -- мягчители и активаторы. При водонейтральном методе девулканизация резины происходит в вертикальных автоклавах в водной среде при избытке жидкой фазы. Резиновая пульпа, находящаяся в автоклаве, к которой добавляется мягчитель (25--30 %), непрерывно перемешивается мешалкой.

В зависимости от состава перерабатываемой резины температура процесса около 180°C, длительность -- 6-8 ч. По окончании процесса девулканизат поступает на обезвоживание. При термохимическом методе девулканизация резины осуществляется в непрерывно действующем аппарате червячного типа. Перед поступлением в червячный девулканизатор дробленая резина смешивается с мягчителем и активизатором в непрерывно действующем двухчервячном смесителе. При прохождении через девулканизатор обрабатываемая смесь подвергается действию механических усилий.

По методу диспергирования девулканизация осуществляется в результате сложного коллоидно-химического процесса: дробленая резина смешивается с эмульгатором (канифолью, песком, талловым маслом и др.), подвергается предварительной пластификации и обрабатывается в шнековом агрегате, где при непрерывном перемешивании и пластификации смеси резины с эмульгатором к ней добавляется водный раствор Щелочи. По мере омыления эмульгатора щелочью и перехода его в форму водорастворимого мыла происходит обращение фаз с образованием дисперсии резины в воде, которая может иметь самостоятельное применение для замены латексов. Коагулят регенерата промывается водой на вибросите, обезвоживается при червячном процессе и подвергается механической обработке на рафинировочных вальцах, откуда выходит в виде полотна толщиной 0,15--0,17 мм.

В настоящее время все большее распространение получает Метод пиролиза резиновых покрышек. На рис. 65 показана схема пиролизной установки в г. Эбенхаузене (ФРГ) [1]. На этой установке из 100 т изношенных покрышек получают 40 т сажи для лакокрасочной промышленности, 25 т масел, 25 т энергетических газов и около 10 т стали. Полученные в процессе пиролиза газы служат топливом для установки. Метан и этилен компримируются и 60 % газа подается на разогрев Кварцевого песка в реакторе, а остальная часть идет на выработку электроэнергии, необходимой для работы дистилляционной колонны. Таким образом, весь завод работает как автономное, независимое от внешних поставщиков предприятие. В год перерабатывается до 10000 т изношенных покрышек и синтетических материалов.

В СССР НПО "Техуглерод" разработало технологию пиролиза резиновых отходов с целью получения твердого углеродного остатка, используемого для производства активного угля. В процессе низкотемпературного пиролиза (500--600°C) могут быть получены топливные компоненты, а именно: пиролизный газ и жидкая пиролизная смола.

Твердый углеродный остаток может быть использован для получения сорбционных материалов. Выход этих продуктов изменяется в зависимости от температуры пиролиза и состава сырья. Для наибольшего выхода пиролизной смолы (около 50 % по массе) наиболее пригодны отходы резиновой пластины типа ИРП-11/30 и отходы резины марки ТКМЦ по ГОСТ 7338--77*.

Полученный пиролизный газ отличается высоким содержанием водорода(48--52 %), метана(25--27 %), имеет высокую теплоту сгорания(32--38 МДж/м³), поэтому может использоваться в качестве топлива. Пиролизная смола по своим физико-химическим показателям близка к отдельным видам тяжелых нефтепродуктов, имеет широкий интервал кипения (начало кипения 130--180°C, конец — 430--440°C), плотность 940--990 кг/м³, кинематическую вязкость 0,1—0,2 с^м²/с и может быть применена как связующий компонент при гранулировании дисперсного остаточного углерода. По сорбционным характеристикам образцы углеродного остатка могут значительно отличаться друг от друга. Наибольший суммарный объем пор (0,75 см³/г) имеет остаток, полученный в результате пиролиза резины типа КЩ при температуре 600°C.

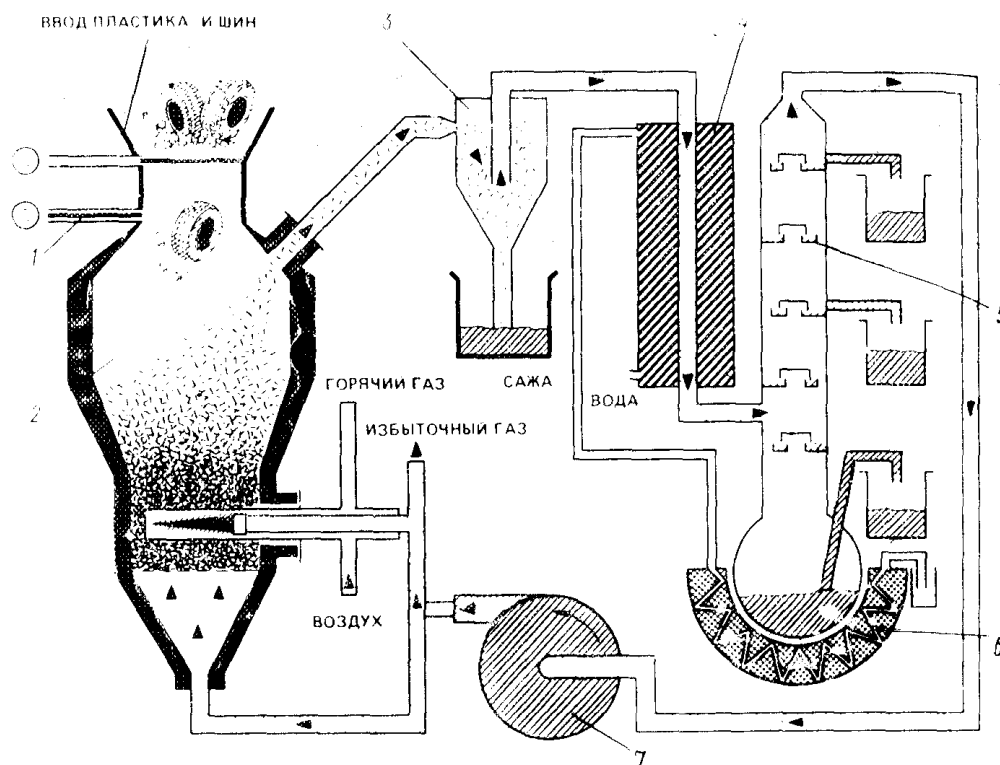


Рис. 65. Схема пиролиза изношенных покрышек
1 - заслонка; 2 - вихревой, реактор; 3 - сажеуловитель; 4 - охладитель; 5 - дистилляционная колонна; 6 - теплообменник; 7 - компрессор

3.4. Материальный баланс процесса пиролиза

Наименование	Суммарные промышленные и бытовые отходы	Резиновые отходы
Приход:		
твердые отходы	100	100
Расход:		
твердый остаток	44,7	38,5
металлы	5	2
смола	18,2	48,8
подсмольная вода	12,5	3,9
газ	19,6	6,8
Итого:	100	100

НПО "Леннефтехим" в 1983 г. разработана технология термохимической переработки суммарных промышленных и бытовых отходов. Регламентом предусматривается переработка резиновых и резинотканевых отходов, образующихся при производстве резинотехнических изделий и резиновой обуви, а также отходов хозяйственно-бытовой деятельности Ленинградского производственного объединения "Красный треугольник". В качестве исходного сырья на пиролизной установке используют суммарные промышленные и бытовые отходы следующего состава: резино-технические отходы -- 42,5 %, бумага — 8,9

%, текстиль — 15,2 %, дерево -- 8 %, пластмассы — 4,3 %, сажа — 3,6 %, минеральные компоненты (тальк, известь, песок и др.) — 17,5 % по массе.

Кроме суммарных отходов, на установке можно перерабатывать резиновые отходы. В этом случае предусматривается их отдельный сбор и транспортирование на пиролизную установку. Основным товарным продуктом при переработке смешанных ПО и ТБО является твердый остаток — пирокарбон, который можно использовать в металлургической промышленности в качестве заменителя аморфного графита в составах теплоизолирующих и защитно-смазывающих смесей. На пирокарбон разработаны технические условия -- ТУ 38.4024-82.

Процесс пиролиза осуществляется во вращающихся барабанных печах, имеющих типоразмеры по ГОСТ 11875--79*, с применением принципа внутреннего обогрева. На основании опытных работ, проведенных на экспериментальных установках, составлен следующий материальный баланс процесса (% по массе)(табл.3.4).

Годовой экономический эффект от внедрения термохимической переработки отходов составляет 443,7 тыс. руб.

3.3. Утилизация отходов древесины

Отходы древесины образуются на всех стадиях ее обработки — от рубки леса (ветви, щепа) до получения столярных изделий из нее (опилки, щепа, стружка).

Древесные отходы можно классифицировать: по сортаменту исходного сырья (отходы пиломатериалов, фанеры и древесно-волоконистых плит); по породам древесины (отходы хвойных пород, отходы лиственных пород); по влажности (сухие — до 15 %, полусухие -- 16--30 %, влажные — 31 % и выше, сверхвлажные — 100 % и выше); по структуре (кусковые крупные, кусковые средние, кусковые мелкие, сыпучие); по стадийности обработки (отходы первичные, отходы вторичные).

Количество отходов деревообрабатывающих производств в большой степени зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, техновооруженности предприятия и его мощности. Количество отходов, образующихся, например, на мебельных фабриках, составляет от 45 % исходного сырья (пиломатериалов, фанеры) до 63 %.

Одним из основных методов переработки и утилизации древесных отходов является получение искусственной древесины — прочного материала, который может обрабатываться резанием или отливаться в формы и штамповаться. Его объемная масса в зависимости от метода получения находится в пределах 0,4 —1,4 кг/м³. По способу получения искусственная древесина может быть объединена в следующие группы.

Древесно-цементные массы. При их производстве древесная мука (размельченная до структуры муки древесина), опилки, стружки и т.п. связываются посредством каких-либо цементирующих или связывающих веществ. Так, смесь магнезального цемента с опилками, мелкой стружкой, асбестом и другими компонентами дает ксилолит, смесь древесной ваты (продукт, вырабатываемый из хвои), костры крупных волокнистых растений и т.д. с магнезальным цементом дает фибролит. Древесно-цементные массы изготавливаются в виде плит и употребляются, главным образом, в строительном деле.

Древесно-стружечные плиты (ДСП) -- древесные материалы, изготавливаемые горячим прессованием древесных частиц (древесной стружки) со связующим веществом (например, мочевино- и фенолформальдегидными смолами). По способу прессования различают ДСП плоского прессования и экструзионные, т.е. получаемые выдавливанием. ДСП выпускают не облицованными и облицованными шпоном, синтетической пленкой. Габариты ДСП (длина, ширина, толщина), мм, плоского прессования - 2500-3500, 1220-1750, 10-25; экструзионных - 2500, 1250, 15-25. ДСП широко применяют в мебельной промышленности, строительстве и других областях.

Древесно-слоистые пластики --материал, получаемый горячим прессованием из древесного шпона, пропитанного синтетическими термореактивными смолами. При объемной массе 1200—1400 кг/м³ древесно-слоистые пластики обладают высокой прочностью на изгиб [150-300 МПа (1500-3000 кг/см²)], твердостью и химической стойкостью, легко поддаются механической обработке. Из них изготавливают подшипники, зубчатые колеса, электроизолирующие прокладки и т.п. В строительстве применяют в качестве конструкционного и облицовочного материала.

Древесно-волоконистые плиты (ДВП). Древесину (опилки, щепа и т.п.) измельчают механическим, термомеханическим или химико-механическим путем до тонкого волокна. Существуют два способа производства ДВП: мокрый — без добавки связующего вещества и сухой — с добавлением 4—8 % синтетической смолы. Для повышения механической прочности, а также стойкости против влаги, огня, действия насекомых и микроорганизмов в состав плит вводят смолы, антисептики и другие вещества. После отлива плиты сушат. Различают пять основных групп ДВП: изоляционные, изоляционно-отделочные, полутвердые, твердые и сверхтвердые. Габариты плит, мм - длина 1200-3600, ширина 1000-1800, толщина 3-8. ДВП применяют в строительстве для теплоизоляции кровли, стен, перекрытий, для отделки помещений, в мебельной промышленности и т.д.

Массы, получаемые пьезометрической обработкой древесины (опилок, щепы, древесной муки и пр.). Древесину подвергают водному гидролизу, после чего прессуют в пресс-формах под давлением 50-80 МПа (500-800 кгс/см²) при температуре 200—250°C. Из подобных материалов наиболее известен баркслаит

— твердая масса черного цвета с блестящей поверхностью. Выпускается в виде прессованных изделий (шкивы, ручки, панели, тормозные колодки и пр.).

Для переработки кусковых отходов лесопиления и деревообработки в технологическую и топливную щепу выпускаются специальные рубильные машины и сортировочные сита. Технологическую щепу, помимо изготовления древесно-волоконистых и древесно-стружечных плит, используют в качестве сырья при производстве сульфитной и сульфатной целлюлозы, полуфабrikата тарного картона, гидролизного спирта и кормовых дрожжей.

Чистые еловые опилки и стружки деревообрабатывающих цехов считают лучшим сырьем для изготовления древесной муки, употребляемой в качестве наполнителя в производстве фенольных пластмасс, линолеума, взрывчатых веществ и пьезотермопластиков.

В промышленности скапливается большое количество первичных и вторичных древесных отходов. Даже при высокой степени их использования всегда много остается некондиционных отходов, которые могут быть употреблены только на топливо. Следовательно, даже при использовании высококалорийных видов топлива (газа, мазута) в заводских топках использование древесных отходов в виде топлива по-прежнему актуально.

Брикетирование древесных отходов улучшает их теплоту сгорания. Брикеты применяют в качестве заводского топлива, а также для снабжения местного населения твердым топливом. Теплота сгорания хвойной древесины влажностью 37 % при брикетировании составляет 10000 кДж/кг, влажностью 20--22 % -- 13800 кДж/кг, опилок и стружки при 15 % влажности — 15000 кДж/кг, опилок при 12 % влажности -- 15500 кДж/кг.

Принцип энергохимического использования древесных отходов заключается в том, чтобы путем совмещенного с газификацией неполного их сжигания в генераторном процессе получать из древесины химические продукты и горючий газ для последующего использования в качестве топлива. Наиболее отработанными в промышленных и полупромышленных условиях являются энергохимические установки Центрального котлотурбинного института, основанные на использовании скоростной топki системы В.В. Померанцева. Выход смол составляет 60-150 г/кг, кислот -- 16-35 г/кг, газов - 0,45-0,7 мЭ/кг сухого топлива. Низшая теплота сгорания этого газасостаbляет 6400-7200 кДж/м³ (1600- 1800 ккал/м³).

Отходы древесины могут использоваться непосредственно без предварительной обработки. Так, сосновая стружка является хорошим фильтрующим материалом и применяется для доочистки промышленных нефтесодержащих сточных вод в кассетных фильтрах отстойников. Сорбционная способность стружки по нефтепродуктам составляет 0,1 г на 1 г собственной массы. Загрузка кассетных фильтров может быть как целиком из стружки, так и комбинированной: стружка -- сипрон, стружка -- керамзит и т.п.[14].

Древесные опилки также применяются как вспучивающий материал в процессе производства керамзита — пористого материала ячеистого строения, получаемого из глинистых пород путем их вспучивания в специальном режиме обжига.

Керамзит изготовляют в виде щебня или гравия и применяют при производстве легких бетонов, тепло- и звукоизоляционных засыпок.

В СССР разработана технология получения из отходов древесины осажаренных кормов для животноводства (а.с. N 1285091). Основой установки является дефибратор, имеющийся на всех предприятиях по производству древесно-волоконистых плит. Известно, что запаренные опилки делаются слаще, но перевариваемость их животными низка. Проведением частичного гидролиза с добавкой кислоты получают осажаренную древесину, хорошо перевариваемую животными. Полученный продукт называется кормовой осажаренной древесиной (КОД). В опытных группах животные, подкармливаемые КОД, дают привес на 15 кг больше, чем в контрольных.

3.4. Утилизация отходов картона и бумаги

Основными видами картонно-бумажной продукции являются упаковочные материалы, бумага промышленного назначения, полиграфическая, санитарная и гигиеническая бумага, а также тарный картон. В настоящее время в СССР и за рубежом уделяется большое внимание повторному использованию бумаги и картона. Из 1 т макулатуры можно получить 0,7 т бумаги или картона, заменить ею 0,85 т целлюлозы и сэкономить 4,4 м³ древесины. Для населения, сдающего бытовую макулатуру, у нас в стране введена поощрительная система продажи абонементов для приобретения дефицитной литературы. Система стимулирования сбора вторсырья есть и в других странах.

Однако не все сорта бумаги и картона могут быть использованы в бумажной промышленности. Большой процент продукции технического назначения изготовляют с применением пластмасс и различных покрытий, окрашивают, проклеивают и т.п. Прежде чем направить эти виды бумаги и картона на переработку, от них отделяют инородные примеси. В качестве макулатуры в промышленности широко используют старые гофрированные ящики, бывшие тарой для упаковки изделий производственного и бытового назначения. Вторым по масштабу источником макулатуры являются старые газеты. Свыше 70 % собираемой макулатуры используют при производстве многослойного картона. Ниже приведены пределы технических возможностей использования макулатуры для изготовления бумаги и картона.

Бумага	Пределы использования, % бумажной массы
Неотбеленная крафт-бумага.....	10-25
Полухимическая древесная	
масса	100
Отбеленная крафт-бумага	5--15

Технология облагораживания макулатуры и освобождения ее от типографской краски позволяет увеличить количество печатной продукции, отпечатанной на бумаге, полностью или частично выработанной из макулатуры: например, выпускаемый в США журнал "Уэйст Эйдж" ("Отходы века") печатается только на бумаге, восстановленной из бумажных отходов. Большую активность в этом вопросе проявляет объединение целлюлозно-бумажных предприятий США "Американский институт бумаги". Так, одна из газетных компаний, входящих в это объединение, за 8 лет в разных районах страны построила три предприятия по облагораживанию и обесцвечиванию старых газет. Эти предприятия ежегодно потребляют более 300 тыс. т макулатуры для производства новой газетной бумаги, используя около 11 % старых газет. Около четверти компаний, входящих в объединение, вырабатывают картон почти полностью из макулатуры.

Производство объединением за один год многослойного картона из 7,2 млн. т макулатуры позволило сэкономить 2 млн. га леса, газетной бумаги -- еще 1 млн. га. В США около 220 бумажных фабрик, или почти 30 % общего количества подобных предприятий, работают исключительно на макулатуре, другие предприятия используют макулатуру для производства отдельных видов изделий. Общее производство бумаги и картона в США составляет 52,2 млн. т, или около 261 кг на душу населения. Из общего количества бумажной макулатуры (43,5 млн. т), используемой для выработки товаров повседневного спроса, вторично перерабатывается 9,4 млн. т, или 25 %.

В настоящее время в нашей стране образовался дефицит основных видов бумажной продукции. Около 2/3 общего объема потребления составляет импорт. Большое значение проблеме сбора макулатуры уделяется в Англии. Специализированное агентство организует сбор макулатуры от предприятий и частных лиц, информирует общественность о ежегодной ситуации на рынке, прогнозирует виды макулатуры на перспективу. В бумажной промышленности Англии используется свыше 2 млн. т макулатуры, что составляет 1/3 потребности предприятий в волокнистом сырье. Применение макулатуры вместо свежего волокна дает экономический эффект в размере 100 млн. фунтов стерлингов. Почти 2/3 макулатуры используется при производстве тароупаковочного картона, для выработки которого, по мнению английских специалистов, применять свежие полуфабрикаты экономически не выгодно. В последнее время в Англии производится 7 млн. т бумаги и картона, из которых 4,5 млн. т могут использоваться повторно при условии активизации деятельности заготовительных организаций и введении новых стандартов, допускающих определенное количество макулатуры в составе бумаги и картона. Потребление макулатуры в стране увеличивается в среднем на 3,5 % в год.

Во Франции общий объем потребления макулатуры составляет свыше 1,4 млн. т в год, однако спрос на макулатуру не удовлетворяется полностью.

Особое место среди развитых капиталистических стран по использованию макулатуры в производстве бумаги и картона занимает ФРГ. Хорошая организация сбора макулатуры в стране, применение современных методов сортирования, упаковки, транспортирования и переработки этого важного вида сырья вывели ФРГ на первое место в мире после США по общему объему макулатуры, используемой в промышленности. Наряду с этим, для производства бумаги и картона ФРГ закупает макулатуру за границей в количестве от 300 тыс. т в год и выше. Такие закупки осуществлялись и в СССР. Так, в 70-х годах по нарядам Всесоюзной конторы "Новоэкспорт" трест "Волговятворсырье" поставлял в ФРГ прессованную макулатуру количеством до 60 т в месяц. Для прессования отбиралась однородная макулатура, преимущественно пришедшая в негодность картонная тара. Ее прессовали в пакеты массой 200—215 кг и размером 1000x100x500 мм. Прессованные пакеты обтягивались проволокой.

Прогрессивная технология утилизации отходов бумаги включает следующие основные этапы производственного процесса:

- • первичную подготовку бумажных отходов к утилизации (измельчение до необходимых размеров);
- • пакетирование бумажных отходов (прессование измельченной бумажной массы в прямоугольные кипы);
- • увязку кип (создание снаружи кипы проволочного каркаса).

Для измельчения макулатуры используют специальные измельчители бумаги, наиболее мощными из которых являются машины типа Рино (Нидерланды). Они универсальны и предназначены для измельчения любых видов бумажных отходов (документов, газет и журналов, бумаги промышленного назначения и т.д.). Оборудование для переработки макулатуры выпускается также в Финляндии, Швеции и других странах.

Ресурсы картонно-бумажных отходов у нас в стране огромны, а используются они далеко не полностью. По данным НИИПИ Генплана Москвы, только московский экономический район к 1985 г. располагал

вторичными ресурсами в объеме 719 тыс. т, из которых на макулатуру приходилось 590 тыс. т. Реализация имеющихся резервов в Москве позволит сохранить более 2,5 млн. м³ древесины и сэкономить 194 млн. кВт·ч электроэнергии в год [10].

3.5. Утилизация стеклобоя и отходов стекловолокна

В промышленности, строительстве, городском хозяйстве ежегодно образуются и накапливаются отходы в виде битого стекла, стеклопрофилита, битой посуды, стекловолокна и т.п. По данным Государственного института стекла, ресурсы стекольного боя в СССР достигают в настоящее время 650--700 тыс. т в год при объеме централизованных заготовок около 400 тыс. т в год. Повторное использование стекольных отходов во Франции, например, достигает 11 % общего количества бывшего в употреблении стекла или около 100 тыс. т в год. В будущем предполагается увеличить это количество до 600 тыс. т в год.

В СССР, США, Франции, ФРГ и других странах созданы установки для подготовки стеклобоя к использованию в стекловарении. Отходы стеклотары загружают в приемный бункер, связанный ленточным конвейером с дробилкой. Из дробилки измельченный стеклобой выгружают в перфорированный лоток, через отверстия которого мелкая фракция стекла попадает на нижний конвейер. Отсасывающая установка удаляет из измельченного стеклобоя пробки, алюминиевые колпачки, кольца, древесные стружки и т.п. Для извлечения железосодержащих загрязнений применяют магнитную сепарацию. Подготовленный таким образом стеклобой ковшовым элеватором подается в бункер хранения.

Успешный опыт использования стеклобоя при варке стекла (в СССР до 40 и даже 100 %) подтверждает реальность этого способа его утилизации, что имеет важное экологическое и экономическое значение.

В ЧССР, например, битое стекло с предприятий и сборных пунктов поездами и автотранспортом централизованно доставляют на заводы, принадлежащие объединению по производству стеклотары "Обас", которое является крупнейшим производителем в стране стеклянных банок, бутылок, пузырьков для косметических изделий. Ежегодно "Обас" поставляет свыше миллиарда штук стеклотары. Примерно 200 млн. шт. идет на экспорт, а каждая четвертая единица продукции изготовлена из битого стекла. В специальных дробилках поступающий стеклобой измельчается до размера 3--5 мм². После этого происходит очистка стекла от грязи и различных примесей. На особой установке извлекается фарфор, который не должен попадать в плавильную печь. Использование технологии вторичной переработки стекла позволяет экономить десятки тысяч тонн кальция и соды, которые ЧССР вынуждена закупать за границей. К тому же при добавлении к сырью битого стекла почти на 40 % сокращается расход электроэнергии. В перспективе предполагается увеличить использование стеклобоя с 25 до 40 %.

Однако возможны и другие пути применения отходов стекла, например в качестве наполнителя в дорожном строительстве. В США из массы с добавкой стеклобоя получают изделия строительной керамики, панели т.д. Исследованиями Государственного бюро США установлена возможность получения искусственного пористого заполнителя из стеклобоя, извлекаемого из твердых остатков сжигания городского мусора. Шихта в этом случае включает до 78 % стеклобоя, 20 % глины и 2 % силиката натрия. В СССР показана практическая возможность использования измельченных отходов стекловолокна в производстве кирпича. Например, Полоцкий завод стекловолокна получает в виде отходов более 2,5 тыс. т в год материалов следующего состава (% по массе): SiO₂ -- 53, Al₂O₃ -- 15, Fe₂O₃ -- 0,4, CaO -- 17, MgO -- 4, K₂O + Na₂O -- 0,5, B₂O₃ - 10,3. Производимые на предприятиях строительных материалов кирпичи имеют более высокие показатели прочности, чем изделия без добавки стекольных отходов.

3.6. Утилизация шлаков, золы и горелой земли

Наибольший удельный вес среди ПО занимают шлаки и зола. По характеру происхождения шлаки можно разделить на два вида -- металлургические и топливные. Металлургический шлак -- это расплав, после затвердения образующий камневидное или стекловидное вещество и покрывающий при плавильных процессах, например при выплавке стали, поверхность жидкого металла. Он состоит из специально вводимых в печь флюсов, из всплывших продуктов металлургических реакций, а также из подлежащих удалению примесей к металлу и золы топлива. В зависимости от преобладания тех или иных оксидов шлак может быть основным, нейтральным или кислым. Шлак играет важную роль в металлургических процессах: защищает покрываемый им металл от вредного воздействия газовой среды печи, усваивает всплывающие примеси и выполняет другие разнообразные физико-химические функции. Топливные шлаки -- это очаговые остатки, образующиеся при сжигании твердого топлива в топках паровых котлов; а также частицы золы, спекшиеся или сплавленные в куски.

Выход металлургических шлаков очень велик и в промышленности СССР составляет от 0,4 до 0,65 т на одну тонну чугуна. Большее количество шлаков (61 % общего количества) производится на юге европейской части СССР, меньшее -- на Урале (27 %), в Центре (7 %), в Сибири (5 %).

Состав металлургических шлаков сложен, в нем встречаются до 30 различных химических элементов в виде оксидов кремния, кальция, магния. В меньших количествах присутствуют оксидные соединения титана, железа, фосфора, ванадия.

Основные шлаки характеризуются высоким содержанием оксида кальция (43--50 %) и низким содержанием глинозема (до 10 %).

В СССР основные шлаки составляют больше половины всех металлургических шлаков. К ним относятся все шлаки заводов УССР. Нейтральные шлаки содержат 42—48 % СаО. К ним относятся доменные шлаки металлургических заводов европейской части РСФСР.

Кислые шлаки составляют по массе около трети всех шлаков в стране. Они содержат относительно меньше СаО (35--42 %), но больше глинозема. К ним относятся доменные шлаки заводов Урала, Сибири и Казахстана.

Предприятия черной металлургии страны дают ежегодно около 50 млн. т доменных и около 20 млн. т сталеплавильных шлаков. Непрерывно увеличивающееся количество шлаков в отвалах в настоящее время составляет не менее 320 млн. т.

Шлаковые отходы являются ценным сырьем для гражданского, промышленного и дорожного строительства. Основным потребителем металлургических шлаков является цементная промышленность, которая в данное время использует более 23 млн. т гранулированного доменного шлака ежегодно. При этом шлаки используются как гидравлические добавки при производстве цемента и шлакопортландцемента высших марок, а также в качестве исходного сырьевого компонента при производстве портландцементного клинкера сухим способом. Шлаковые добавки вводят в состав цемента дополнительно к его основным компонентам: известняку, мелу, мергелю и глине. В настоящее время значительные мощности цементной промышленности, заводов по производству легких железобетонных конструкций, теплоизоляционных и других строительных материалов работают на основе использования металлургических шлаков. Ежегодно более 75 % общего количества получаемых в СССР доменных шлаков используют при производстве строительных материалов.

Использование доменных шлаков при производстве цемента предполагает их получение, как правило, в гранулированном виде, что, в свою очередь, требует осуществления грануляции на самом металлургическом заводе. В этой связи важное значение приобретает определение возможности использования в цементной промышленности шлаков, ранее накопленных в отходах. Эксперименты, выполненные на Балаклейском цементном заводе, показали, что введение в сырьевую шихту доменных шлаков из отвалов значительно повышает производительность вращающихся печей, при этом потребность в отвальных шлаках только для одного Балаклейского завода достигает почти 300 тыс. т в год.

Экономичность использования гранулированного доменного шлака видна из таких данных. Для бетонов класса В 25 (марка 300), из которых делают до 80 % всех сборных и железобетонных конструкций, разница в расходе портландцемента и шлакопортландцемента составляет около 5 %. Выпуск цемента при использовании шлаков увеличивается в 1,5—2 раза, при этом расход топлива уменьшается на 40 %. Ввод доменных шлаков в сырьевую смесь обеспечивает увеличение производительности цементных печей и снижение удельного расхода топлива на 15 %. При использовании доменных шлаков для производства шлакопортландцемента топливно-энергетические затраты на единицу продукции снижаются почти в 2 раза, а себестоимость -- до 26--30 %. Кроме того, активные шлаковые добавки резко улучшают строительно-технические свойства цемента, повышают его качество и прочность. Получение шлакопортландцементов и других цементов не единственный способ использования доменных и иных шлаков черной металлургии. Доменные шлаки находят широкое применение также для производства целого ряда других строительных материалов и изделий: шлаковой пемзы, шлаковаты и шлакосплавов.

На основе шлаков производят шлакобетон -- легкий бетон, в который в качестве мелкого заполнителя вместо песка или совместно с ним введены гранулированные металлургические или котельные (топливные) шлаки, а в качестве крупного заполнителя вместо гравия и щебня -- нераспадающиеся кусковые топливные шлаки. Лучшим заполнителем для шлакобетона являются каменноугольные шлаки, состоящие из вспученных остеклованных кусков с примесью частиц прочного и пористого кокса. Шлак для армированного шлакобетона во избежание ржавления стальной арматуры должен содержать соединений серы не более 3 % и частиц несгоревшего угля не более 5 %. Шлакобетон служит для устройства легких перекрытий, а также для изготовления строительного камня и крупных блоков, используемых для кладки стен. Объемная масса шлакобетона -- 1400--1600 кг/м³, предел прочности при сжатии до 100 кг/см².

Металлургический шлак идет на производство шлаковой пемзы или термозита -- искусственного пористого заполнителя легкого бетона, получаемого вспучиванием расплавов металлургических шлаков при их быстром охлаждении. Марки щебня из термозита: 400, 600, 800; средняя плотность песка не более 1200 кг/м³. Термозит используют при производстве легких бетонов, бетонных и железобетонных конструкций, а также теплоизоляционных насыпок.

Большинство физико-механических характеристик шлаковой пемзы зависит от ее микроструктуры. Наивысшими показателями прочности обладают материалы, у которых микрокристаллические образования составляют 40--60 % массы, а размер пор не более $1 \cdot 10^{-3}$ мкм. С увеличением размера пор снижается прочность, увеличивается объем пустот в смеси зерен заполнителей, что повышает расход вяжущего. Зерновые составы каждой фракции регламентируются ГОСТами. Промышленное производство шлаковой пемзы в СССР начато в 1957 г. Использование шлаковой пемзы в качестве эффективных крупных и мелких заполнителей для изготовления теплозвукоизоляционных материалов и конструктивного легкого бетона

позволяет снизить массу ограждающих конструкций зданий по сравнению с кирпичными на 10-15 %, значительно повысить их теплоизоляционные свойства и снизить расход цемента на 15—20 %.

Одним из уникальных строительных материалов являются шлакоситаллы -- продукты, получаемые управляемой катализированной кристаллизацией стекла на основе доменных шлаков. Они состоят из мельчайших кристаллов размерами до нескольких мкм в сочетании с остаточной стекловидной фазой, составляющей менее 40 % по объему.

Катализированная кристаллизация шлакового стекла является сложным физико-химическим процессом. Получение закристаллизованного материала определенной микроструктуры с максимальным количеством кристаллической фазы и с заданными физико-химическими и механическими свойствами определяется многими факторами. Основные из них: химический состав стекла, вид и количество каталитических добавок, режим термообработки.

Химический состав шлакового стекла должен обеспечить тонкодисперсность структуры закристаллизованного материала (размер кристаллов не должен превышать 1,5--2 мкм) и способствовать выделению кристаллических фаз, обладающих вязущим свойством, определяемым сферой применения шлакоситаллов (физико-механические, термические, жаростойкие и другие свойства).

В состав шлакоситаллов входят следующие химические элементы: SiO_2 ; Al_2O_3 ; CaO ; MgO ; MnO ; FeO ; TlO ; Na_2O ; ZnO , F. Стеклокристаллические ситаллы и шлакоситаллы представляют собой типичный полимерный материал, полученный на основе кремнезема. В массе шлакоситаллы окрашены в белый, черный или серый цвета, нередко покрываются (с одной стороны) цветными керамическими красками. Основой шихты для получения шлакоситаллов служит измельченный доменный шлак (до 60 %), песок (35—40 %) и некоторые другие добавки. Основной корректирующей добавкой является песок. Катализаторами кристаллизации служат сульфиты железа и марганца, содержащиеся в доменном шлаке, что включает необходимость их специальной добавки. Для придания белого цвета стеклу обычно добавляют оксид цинка. Сам процесс варки стекла для получения шлакоситалла осуществляется в стекловаренной печи.

Для массового поточного механизированного производства наиболее подходящими оказались шлакоситаллы: черный (состав "2") и белый (состав "Б-12"). Шлакоситаллы обладают высокой прочностью на сжатие, большей, чем каменное литье, кислотоупорная керамика, фарфор и природные камни. Прочность шлакоситалла на изгиб больше, чем у стекла, фарфора, керамики, каменного литья, природного камня и приближается к прочности чугуна. Шлакоситаллы в три раза легче чугуна и стали. Мелкокристаллическая плотная структура шлакоситаллов определяет их высокую устойчивость к истиранию, которая у них в 4—8 раз больше, чем у каменного литья, в 20—30 раз, чем у гранита и мрамора, и в 35 раз, чем у фарфора. Шлакоситаллы морозостойки, по химической стойкости к кислотам и щелочам не уступают каменному литью, керамике и фарфору и часто применяются в качестве антикоррозионной защиты.

Только за первое десятилетие выпуска в строительстве было эффективно использовано более 7 млн. м² шлакоситалла, а экономический эффект от его применения превысил 18 млн. руб. По данным НИИЭС Госстроя СССР, потребность народного хозяйства в листовом шлакоситалле и шлакоситалловых плитках на 1980 г. составляла более 20 млн. м².

Общий объем использования доменных шлаков в СССР для производства строительных материалов достигает 30 млн. т/г, не считая 8 млн. т шлаков сталеплавильного производства. Интересно сравнить эти цифры с данными по США. В 1975 г. в США в промышленности стройматериалов было использовано 22,7 млн. т доменного и 9,1 млн. т мартеновского шлака, для производства термозита дополнительно было направлено 4,5 млн. т шлака.

Использование в строительной промышленности шлаков цветной металлургии. Шлаки цветной металлургии отличаются большим разнообразием, их удельная масса по сравнению со шлаками черной металлургии, если считать на единицу выплавленного металла, значительно больше. Если при выплавке чугуна и стали образуется 0,2--1 т шлака на 1 т металла, то при выплавке никеля его количество достигает 150 т, меди не менее 10—30 т. Химический состав некоторых шлаков приведен в табл. 3.5., 3.6.

3.5. Шлаки медеплавильных печей

Компонент	Содержание шлаков в отходах предприятий, % по массе	
	отечественных	зарубежных
Cu	0,43—0,6	0,3—0,9
SiO_2	32,5—42	30—40
CaO	3,8—11	—

3.6. Шлаки никелевого производства

Компонент	Содержание шлаков в отходах предприятий, % по массе		
	СССР		Канады
	сульфидные руды	окисленные руды	сульфидные руды
Ni	0,08–0,1	0,12–0,18	0,16–0,17
Co	–	0,02–0,03	–
SiO ₂	42–45,8	44,4–48,6	34–38
FeO	21–35	19–21,2	–
CaO	2,8–5	13–17,8	–
MgO	5–18,2	6,9–12,2	–
Cr ₂ O ₃	–	1,4	–
Al ₂ O ₃	2,5–6,2	4,4–9,6	–
Cu	0,03–0,1	–	0,08–0,1

3.7. Характеристика бетонов

Бетон	Предельное давление, МПа	Плотность, г/см ³
Тяжелый, на крупном заполнителе	40	2,3–2,6
Плотный мелкозернистый	35	1,8–2,2
Легкий, на пористом заполнителе	5–25	1–1,8
Ячеистый	0,8–10	0,4–1

Кроме оксидов кремния, алюминия, кальция, магния, Железа и марганца в шлаках содержится значительное количество таких ценных компонентов, как медь, кобальт, цинк, свинец, кадмий, редкие металлы.

В связи со специфическим составом шлаков цветной металлургии общим перспективным направлением в решении проблемы их использования является принцип комплексной переработки, включающий три основные стадии: 1) предварительное извлечение цветных и редких металлов; 2) выделение железа; 3) использование силикатного остатка шлака для производства строительных материалов.

Многочисленными исследованиями установлено, что шлаки медной и никелевой плавки, как правило, по прочностным характеристикам, теплофизическим свойствам, коэффициенту износостойкости, кислотостойкости значительно превышают аналогичные показатели доменных шлаков.

С использованием вяжущего из шлаков цветной металлургии при автоклавном твердении можно получать бетоны. По физико-химическим свойствам бетоны автоклавного твердения на вяжущих из гранулированных шлаков цветной металлургии мало чем отличаются от автоклавных бетонов на клинкерных цементах и могут быть применены при изготовлении бетонных и железобетонных изделий практически всей номенклатуры. Характеристика бетонов приведена в табл. 3.7.

Переработка шлаков цветной металлургии на песок и щебень после извлечения ценных металлов представляется наиболее оптимальным путем решения проблемы их утилизации, поскольку потребность в песке и щебне (гравии) очень велика и исчисляется для нашей страны сотнями тысяч и миллионами кубических метров.

Утилизация золы и шлаков тепловых электростанций. При сжигании твердого топлива из его минеральной части образуются зола и шлак, содержание которых различно для различных видов топлива. Они составляют, %: в бурых углях -- 10-15; в каменных углях - 3-40; антраците - 2-30; горючих сланцах — 50-80; топливном торфе — 2-30; дровах — 0,5-1,5; мазуте -- 0,15-0,2 и т.д.

В настоящее время на большинстве ТЭЦ топливо сжигают в пылевидном состоянии, причем температура в топочной камере достигает 1200--1600°C. При этом конгломераты различных соединений, образующихся из его минеральной части, выделяются в виде пылевидной массы. Мелкие и легкие частицы (размеры от 5 до 100 мкм), содержащиеся в золе в количестве до 80—85 %, уносятся из топок конгломератов дымовыми газами, образуя так называемую золу-унос. Более крупные частицы оседают на под топки, оплаиваются в кусковые шлаки или стекловидную массу, которую затем подвергают грануляции. Количественное соотношение между образующимися шлаками и золой-уносом различно, оно зависит от конструкции топки на ТЭЦ и ГРЭС. Так, в топках с твердым шлакоудалением в шлак обычно переходит 10—20 % всей золы топлива. В топках с жидким шлакоудалением в шлак переходит 20—40 %, а в циклонных топках — до 85—90 % всей золы топлива. Топливные шлаки и зола-унос различаются по составу и свойствам в зависимости от вида топлива и способа его сжигания.

Зола-унос представляет собой тонкодисперсный материал с малым размером частиц, что позволяет использовать ее для ряда производств без дополнительного помола. Характерной особенностью золы является присутствие в ней около 5—6 % несгоревшего топлива, а также железа, в основном в закисной форме. Частицы шлака имеют размеры от 0,2 до 20—30 Мм. В топках с жидким шлакоудалением шлак получается в гранулированном виде. Для него характерна стекловидная структура.

По аналогии с металлургическими топливными шлаками можно классифицировать на кислые, нейтральные и основные. Большинство топливных шлаков относится к классу кислых или нейтральных. Шлаки каменных углей отечественных месторождений большей частью являются кислыми. К основным шлакам, содержащим повышенное количество закиси железа и до 40 % CaO, относятся шлаки некоторых бурых углей и сланцев. Решение проблемы утилизации золы и шлаков тепловых электростанций в связи с развитием энергетики приобретает все большую актуальность. Под золо- и шлакоотвалами крупнейших ТЭЦ находятся тысячи гектаров земли, пригодной к использованию в сельском хозяйстве. Использование отходов ТЭЦ имеет и большое экологическое значение, поскольку они загрязняют водный и особенно воздушный бассейны, часто в количествах, превышающих ПДК. Самоудаление золы и шлаков в отвалы и содержание последних требуют затраты колоссальных средств. Достаточно сказать, что только за одни сутки работы ТЭЦ мощностью 1 млн. кВт сжигается около 10000 т угля и образуется 1000 т шлака и золы, под складирование которых (высотой 8 м) требуется более 1 га в год.

Существует опасность необратимого загрязнения биосферы вследствие распыления золы ТЭЦ при хранении в отвалах, поскольку при сгорании угля в золе остаются радиоизотопы уран-радиевого и ториевого рядов, содержащиеся в исходном угле. Они не разбавлены массой углерода, т.е. находятся в концентрированном, а следовательно, более опасном виде.

Между тем золы и шлаки ТЭЦ при правильном и эффективном их использовании представляют собой богатый источник расширения сырьевых ресурсов различных отраслей народного хозяйства, в первую очередь, промышленности строительных материалов. По расчетам ПИИ экономики строительства Госстроя СССР, использование 25—30 млн. т золы и шлаков ТЭЦ в качестве строительного сырья взамен традиционно применяющихся материалов обеспечивает экономию капитальных вложений на развитие материально-технической базы строительства в размере не менее 400 млн. руб.

Области применения золы и шлаков многочисленны. Кусковой шлак используют как заполнитель для бетона в дорожном строительстве, для теплоизоляционных засыпок; золу-унос — в качестве гидравлической добавки к цементу (10—15 %), как компонент цементной сырьевой смеси (основные золы); в качестве кремнеземистого компонента — при производстве автоклавного и безавтоклавного газобетона, легких плотных и поризованных керамзитобетонных; для производства искусственных заполнителей (аглопоритного и зольного гравия, золокерамзита); как отошающую и выгорающую добавку в производстве глиняного кирпича; в качестве кремнеземного компонента при производстве силикатного кирпича. Золошлаковые смеси находят применение в производстве местных вяжущих компонентов типа известково-золевых, цементно-золевых.

В последние годы все большее значение приобретает изготовление на основе топливных зол и шлаков, описанных выше, таких материалов, как золоситаллы и шлакоситаллы.

Однако, несмотря на очевидные выгоды и перспективы широкого применения золы и шлака ТЭЦ, в отечественной практике их используют явно недостаточно: в США, например, утилизируют 20 % золы ТЭЦ, во Франции — 62 %, в ФРГ — до 76 %, в СССР же пока годовое потребление золы не превышает 5 %. Причина заключается в том, что ликвидация золоотвалов ТЭЦ и переработка зол и шлаков в строительные материалы связана с необходимостью решения целого комплекса вопросов: транспортирования, строительства золопогрузочных устройств и установок по раздельному отбору золы и шлаков на ТЭЦ, разработка ТУ на их применение и т.д.

Регенерация горелой земли. Горелую землю (по причине происхождения) также можно отнести к рассматриваемой здесь категории ПО. Она является отработанным продуктом формовочных и стержневых смесей в литейном производстве. Формовочные и стержневые смеси служат для изготовления песчаных литейных форм для изделий. В зависимости от сплава (металла), толщины и массы стенок отливок в состав формовочных смесей входят в определенной пропорции неорганические материалы (кварцевый песок, огнеупорная глина и др.) и органические материалы (опилки, каменноугольная пыль и пр.).

Регенерация горелой земли, образовавшейся после отливки изделий, состоит в удалении пыли, мелких фракций и глины, потерявшей связующие свойства под влиянием высокой температуры при заполнении формы металлом. Существуют два основных способа регенерации горелой земли: мокрый и сухой.

При регенерации земли мокрым способом формовочная и стержневая смеси поступают в систему последовательных отстойников с проточной водой. Песок на дне бассейна оседает, а мелкие фракции уносятся проточной водой. Затем песок просушивают и вновь пускают в производство. Мокрая регенерация применяется, как правило, в сочетании с гидравлической очисткой литья.

Сухой способ регенерации состоит из двух операций: обдирания от зерен песка связующих веществ и удаления пыли и мелких частиц, что достигается продуванием воздуха в закрытом барабане с последующим отсосом воздуха с пылью.

В СССР разработан и получил применение электрокоронный метод регенерации горелой земли, основанный на пропу-

энергии тратится на его добычу и формовку. При использовании же вторичных металлов исключается необходимость многих стадий обработки.

Экономия энергии при использовании металлолома вместо переработки руды выглядит следующим образом:

Металл	Экономия энергии, %
Алюминий	95
Медь	83
Свинец	64
Цинк	60
Сталь	74

Значительный рост капиталоемкости, а также увеличение цен на топливо и энергию в 70-х годах, стимулирует фирмы промышленно развитых стран к использованию вторичного сырья. Следует также учесть, что капиталоемкость производства металлов из вторичного сырья в 10 раз ниже капиталоемкости производства металлов из руды.

Цены на энергию и топливо в мире быстро растут, и производство металла из первичного сырья стало дороже, что сильно повлияло на рост использования вторичного сырья, поскольку оно менее энергоемко.

В США промышленные отрасли в 70-х годах стали открывать собственные цехи и предприятия по переработке вторичного сырья, а также скупать цветные металлы на рынках сбыта. В 1980-х годах предприятия по производству вторичного алюминия перерабатывали 42—45 % всего алюминиевого лома и отходов производства против 70 % в 1970 г. На долю предприятий по выплавке первичного алюминия приходится 31 % общего объема производства алюминия.

В 1980—1981 гг. специализированные предприятия по производству меди из вторичного сырья перерабатывали около 36 % всего объема ПО и старого лома, предприятия же по производству первичной меди -- около 23 % руды. Практически весь старый лом свинца, цинка, магния также перерабатывают предприятия по выплавке вторичных металлов.

Ниже приведены данные, характеризующие долю металлических отходов в различных отраслях промышленности и при различных производствах, % общего объема потребления стальных полуфабрикатов (по данным американского института чугуна и стали и министерства торговли США):

Автомобилестроение и штамповочное производство	30,8
Авиационная промышленность	31,6
Производство крепежного материала	29,3
Судостроение	25,9
Машиностроение (без электротехнического)	23,7
Электротехническое машиностроение	27,8
Производство бытовых приборов и предметов домашнего обихода	22,7
Производство других видов бытового оборудования	14,4
Железнодорожное машиностроение	15,3
Сельскохозяйственное машиностроение	18,1
Штамповочное производство	25,7
Производство оборудования для нефтяной и газовой промышленности	26,3
Строительство, включая ремонт	4,6

В настоящее время наша страна выпускает, стали больше, чем любая другая страна в мире. В то же время изготавливают из нее продукции меньше, чем это возможно, так как недопустимо высока материалоемкость машин. Коэффициент использования металла по стране в среднем составляет 0,7, т.е. почти треть его идет в отходы. В отдельных случаях они достигают 70—80 %. Поскольку совершенствование технологии машиностроения является длительным процессом, проблема вторичного использования металлов будет актуальна еще долгое время.

Рециркуляция цветных металлов. Предприятия по производству вторичного алюминия дают свыше 20 % всей продукции. Рост использования алюминия в автомобильной промышленности и применения машин и технологий по измельчению кузовов легковых автомобилей способствуют расширению сырьевой базы для вторичной металлургии. Темпы прироста производства вторичного алюминия в 1975—1983 гг. составили 13,8 %, а первичного алюминия в 1975—1981 гг. --4,1 %, в 1982—1983 гг. производство первичного алюминия сократилось почти на 30 %. Возможности для более полной утилизации алюминиевого лома будут связаны с преодолением серьезных трудностей в области рециркуляции алюминия, главные из

которых — рассеивание отходов и сложность отделения алюминия от остального лома кузовов, автомобилей и бытовых приборов.

В Финляндии используется весь объем алюминиевого лома. Кроме того, алюминиевый лом привозится из зарубежных стран. Сбор алюминиевого лома осуществляется, в основном, организациями по торговле металлоломом, выполняющими сортировку, резку и упаковку лома в штабеля. Через оптовые торговые организации лом поставляется на заводы, использующие его в качестве сырья и имеющие эффективные процессы его предварительной обработки [31].

Первой стадией обработки является дробление. Так как дробленый лом содержит, кроме алюминия, и другие металлы и горючие отходы, механически отделенные фракции сепарируют друг от друга, используя различные способы классификации. Способ плавки в тяжелой среде позволяет извлекать алюминиевую фракцию из других за счет изменения удельного веса промежуточной среды. Остающиеся в продукте дробления влага или возможное масло испаряются в сушильном барабане.

Предварительно обработанный алюминиевый лом загружается в виде шихты в плавильную печь в расплавленный алюминий, легируется и рафинируется в конвертере. Легированный алюминий разливается в высококачественные слитки, которые готовы к последующей обработке. Завод А/О "Куусаоски" в г. Хейнола, производительность которого выше 30 000 т в год, является самым большим в Финляндии предприятием, использующим алюминиевый лом.

Производство меди, как и алюминия, относится к числу энергоемких производств. Многократный рост стоимости энергии послужил основным стимулом к расширению рециркуляции меди в последнее десятилетие. На предприятия по производству вторичной меди приходится около 36 % переработки вторичного сырья как лома, так и отходов производства.

По данным исследования, выполненного институтом им. Баттея в 1969 г., в США фактически было утилизировано около 61 % общего количества медного лома, поддающегося регенерации. Большинство медных отходов поступает в торговые организации металлолома, где лом предварительно сортируют и обрабатывают. Затем лом доставляют в оптовые торговые организации лома, которые продают свой продукт на сырье для последующей обработки.

При предварительной подготовке медь, медные сплавы и остальные металлы отделяются друг от друга механическим путем. На начальной стадии применяют технологию резки и дробления, на второй стадии — классификацию. Содержащиеся в металлах влага и масло извлекают при сушке. Затем медь плавят в шахтной печи. Плавка производится газом, и процесс имеет весьма высокий энергетический КПД.

Использование медного лома является результатом многолетних разработок. В настоящее время финское акционерное общество "Оутокумпу" использует медный лом, внутренний оборотный лом промышленности и выходящий из потребления лом в количестве 70 000 т в год. [13].

Регенерация цинка большей частью сводится к утилизации быстро возвращающегося лома первичного цинка. В результате принятых предприятиями по производству цинка мер доля регенерированного цинка в общем его потреблении в США возросла с 21 % в 1972 г. до 24,4 % в 1981 г. Структура использования свинца в промышленности США такова, что значительная часть конечного потребления обуславливает его рассредоточение, рассеивание и безвозвратные потери. К числу таких отраслей или производств относятся: производство этилированного бензина, свинцовых красок для наружных работ, электротехническая отрасль и так называемая группа потребления свинца "прочие виды использования". Общее количество свинца, соответствующее этим видам конечного потребления, в 1970 г. составило 538 тыс. т. Определено, что в 1969--1970 гг. было утилизировано лишь около 42 % всего наличного количества свинца, который мог бы быть рециркулирован.

Введенные в 1982 г. Агентством по охране окружающей среды США более жесткие стандарты, регламентирующие содержание свинца в автомобильном бензине, позволят значительно сократить безвозвратные потери свинца. Свинец довольно устойчив к коррозии и регенерация его относительно проста. Этим объясняется большое количество старого лома в общем объеме регенерируемого свинца (вышедшие из употребления свинцовые батареи, свинцовый кабель и прочие изделия): в 1965 г. - 86,1 %, в 1970 и 1980 гг. - соответственно 84,7 и 86,1 %.

С технической точки зрения невозможно найти единого решения для утилизации металлолома всех цветных металлов и сплавов. Для каждого цветного металла в силу его особых свойств и специфики применения разрабатывают особые методы утилизации лома или отходов. По ряду цветных металлов в лабораториях федерального правительства США разрабатываются технологии их утилизации.

В настоящее время США импортирует около 80 % потребляемого в стране никеля. По данным исследований, проведенных Калифорнийским университетом, в 1969 г из всего имеющегося металлолома утилизировано 52 % никеля. Основными источниками вторичного никеля (30 %) являются никелированные металлические изделия и сплавы стали и никеля.

Единственным значительным источником вторичного сырья для производства хрома является лом сплавов нержавеющей стали. Увеличение доли вторичного производства хрома произошло исключительно за счет роста утилизации скрапа нержавеющей стали, который снова идет на производство нержавеющей стали, и таким образом используется имеющийся в нем хром. Основной причиной низкого уровня использования вторичного хрома в США является нерентабельность этого производства, неконкурентоспособность американских предприятий с предприятиями ЮАР и Турции, поставляющими хром на мировой рынок.

Потребление кобальта в США также почти полностью обеспечивается за счет импорта. Фактически же там практикуется вторичное использование кобальта. С этой целью США ежегодно экспортируют в ФРГ

около 500 т скрапа кобальта, поскольку такое предприятие имеется только в ФРГ. В Японии работает опытный завод по вторичной переработке катализаторов на основе кобальта, применяемых в нефтехимической и нефтедобывающей промышленности. Мощность завода по переработке вторсырья составляет 20 тыс. т в год.

В СССР технические требования к характеру и виду вторичного сырья, принимаемого на утилизацию, регламентируются ГОСТ 1639—78* "Лом и отходы цветных металлов и сплавов". Использование вторичных металлов и сплавов в черной и цветной металлургии не является единственным путем повышения продуктивности производства. Следует подчеркнуть теснейшую связь комплексного использования сырья с безотходной технологией. Более полное и комплексное извлечение ценных компонентов из сырья имеет первостепенное значение. Одним из эффективных путей решения проблемы комплексного использования сырья служит организация комбинированных производств.

За последние 15—20 лет в системе Минцветмета СССР осуществлены крупные организационно-технические мероприятия, существенно повысившие комплексное использование сырья с одновременным улучшением основных технико-экономических показателей. В результате этих мероприятий предприятия медной, никелевой, свинцово-цинковой, титано-магниевого, алюминийевой, оловянной, ртутной и сурьмяной промышленности не уступают лучшим зарубежным предприятиям аналогичного профиля в части извлечения основных цветных металлов и комплексности использования сырья.

3.8. Обезвреживание и утилизация отходов гальванических производств

Общие сведения. В технологических циклах большинства машиностроительных, металлообрабатывающих, приборостроительных, ремонтных и других предприятий широко применяют гальванические покрытия — электроосаждаемые металлические покрытия, наносимые на поверхность металлических изделий, а также полуфабрикатов-листов, труб, проволоки и т.п. Гальванические покрытия применяются для повышения коррозионной стойкости, износоустойчивости и улучшения декоративного вида изделий. Гальванические покрытия наносят водными растворами или растворами расплавленных солей с помощью электрического тока. При этом неизбежно образуются токсичные сточные воды, которые нельзя сбрасывать без очистки в водоемы и канализацию, а очистка их обычными механическими и биохимическими методами невозможна.

С развитием промышленности, повышением требований к качеству и внешнему виду изделий наблюдается и интенсивное развитие гальванической техники. При этом увеличивается количество вредных сточных вод, подлежащих эффективному обезвреживанию.

В настоящее время различными предприятиями страны, осуществляющими гальванические покрытия и травление металлов, ежегодно выбрасываются в окружающую среду тысячи тонн высокотоксичных тяжелых металлов, таких как хром, никель, свинец, медь, кадмий, цинк, олово и пр. Общетоксичные, гонадотропные, эмбриотропные и мутагенные эффекты тяжелых металлов хорошо изучены. Известно, что длительное их поступление в организм с водой и пищей в относительно низких дозах может привести к задержке и накоплению металлов в органах и тканях, а впоследствии к развитию интоксикаций, сопровождающихся нарушением функционирования центральной нервной системы, внутренних органов (печени, почек и т.д.), изменением активности ряда ферментов, блокированием ОН-групп белковых молекул и другими изменениями. В ряде случаев было отмечено, что неблагоприятные последствия на организм эти элементы оказывают уже в концентрациях, близких к естественным условиям в пресноводных и морских водоемах.

В последнее время установлено, что ионы хрома, никеля, меди, цинка, свинца и других тяжелых металлов нарушают работу кальмодулина — основного регулятора процессов жизнедеятельности организма, в результате чего развиваются наследственные болезни, сердечно-сосудистые расстройства, рак и др.

По данным Управления по изучению и контролю загрязнения внешней среды Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды в отдельных регионах страны с развитой промышленностью, имеющих гальванические производства, концентрация тяжелых металлов превысила допустимые нормы в десятки и сотни раз.

В табл. 3.8. приведены данные, характеризующие потери металла в одном из министерств страны.

Цветные металлы в основном теряются со сточными водами и шламами. Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства геологии СССР по заданию Моссовета обследовал несколько десятков предприятий с гальваническими производствами столицы. Было установлено, что четвертая часть обследованных предприятий не имеет очистных сооружений в гальванических цехах, а промышленные стоки сбрасываются в городскую канализацию. Другая четверть предприятий перед сбросом гальванических стоков производит их нейтрализацию, что, однако, не приводит к полному выделению металлов из них. И только половина обследованных предприятий предварительно обрабатывает гальванические стоки с целью выделения из них вредных веществ [32].

3.8. Потери металла, т, по годам

Металл	Потери металла, т
--------	-------------------

	1977	1990	1977	1990
Цинк	13	32	220	537
Никель	4,5	10	114	253
Хром	5	11,6	735	1709
Медь	1	2,2	16	35
Кадмий	4	5,5	30	42

Примечание. Расход металлов рассчитывался исходя из площади покрытия в соответствии с расходными коэффициентами, взятыми из Инструкции по нормированию расхода материалов для гальванических покрытий станкостроительной и инструментальной промышленности (М.: 1977).

Ежесуточно в городскую канализацию из гальванических отделений обследованных предприятий поступает около 22 тыс. м³ стоков, содержащих в среднем (мг/л): хрома — 3,7; никеля — 0,5; меди -- 0,7; цинка — 1,4; свинца — 0,2; кадмия — 0,01. Иными словами, ежесуточно со сточными водами сбрасывается 80 кг хрома, 30 кг цинка, 15 кг меди, 11 кг никеля, 4 кг свинца и 0,2 кг кадмия.

Общее количество осадков, ежегодно накапливающихся на очистных сооружениях обследованных предприятий, составляет 77 тыс. т при влажности 98 % (1,5 тыс. т в пересчете на сухое вещество), т.е. они содержат от 10 до 20 т хрома, меди, цинка, более 7,5 т кадмия и свинца, около 4,5 т никеля, 0,75 т олова, 0,03 т серебра и висмута. Приведенные цифры относятся только к обследованным предприятиям, объем осадков всех гальванических производств Москвы гораздо значительнее.

По оценкам Института химии и химической технологии АН Литовской ССР, регенерация цветных металлов в стране в настоящее время составляет не более 10 %. Между тем, по содержанию ряда металлов (серебро, висмут, медь, цинк, кадмий и др.), осадки очистных сооружений гальванических производств сопоставимы с природным сырьем.

Системы очистки гальванических стоков. Сточные воды, образующиеся в гальванических отделениях промышленных предприятий, подразделяют на отработанные и промывные. Отработанные сточные воды образуются периодически при смене отработанных технологических растворов на свежие, а также при промывке заготовок; Характерной чертой всех сточных вод гальванических отделений является низкая концентрация кислот и высокая концентрация ионов металлов. Сточные воды, поступающие из гальванических отделений, по химическому составу подразделяются на три основных потока: хромосодержащие, цианосодержащие и кислотно-щелочные.

Хромосодержащие сточные воды образуются после электрохимического хромирования, травления в растворах, содержащих хромовую кислоту, а также хромистой пассивации и прочих процессов, в которых применяют соединения хрома.

Цианосодержащие сточные воды образуются в процессе покрытий в цианосодержащих электролитах и характеризуются преимущественным наличием циан-группы, а также цинка, меди и кадмия.

Кислотно-щелочные сточные воды образуются в процессах обезвреживания, травления, осветления, пассивации деталей и характеризуются наличием различных тяжелых металлов, а также железа.

Все методы очистки подразделяются на химические, электрохимические и физические.

Основными системами очистки гальванических стоков являются проточные, когда нейтрализованная и очищенная сточная вода сбрасывается в канализацию, и замкнутые, когда очищенные стоки используют повторно в технологическом цикле производства. В силу постоянно ужесточающихся норм на содержание тяжелых металлов в очищенных стоках наиболее перспективными являются замкнутые системы водооборота гальванических производств.

В настоящее время проектируются и действуют централизованные и децентрализованные (локальные) замкнутые системы водного хозяйства гальванического производства. Централизованные системы предусматривают сбор и совместную очистку всех видов сточных вод на единых очистных сооружениях и последующее распределение очищенной воды по технологическим операциям (рис. 66, а). Возможна доочистка части очищенной воды и подача ее в промывные ванны, для которых необходима вода повышенного качества. Децентрализованные (локальные) системы создаются на базе локальных циклов водооборота при отдельных операциях гальванопокрытий, например никелировании, хромировании и т.п. (рис. 66, б).

Как в первом, так и во втором случае предполагается, что отработанные концентрированные электролиты из ванн покрытий регенерируются и используются многократно или обезвреживаются на локальных очистных сооружениях. В отдельных случаях централизованная система допускает прием таких растворов в общую систему при их предварительном усреднении с основной массой воды или дозировании малыми порциями.

Создание полностью децентрализованной системы очистки стоков гальванических производств пока невозможно, так как даже при многократном использовании электролитов в процессе их регенерации образуются сточные воды, требующие обезвреживания, имеют место утечки и переливы ванн, образуются сточные воды при регенерации и мойке очистного оборудования и т.п. Таким образом, даже при создании локальных циклов в производственную канализацию будет поступать до 50 % общего объема воды,

используемой на производственные нужды, что требует обязательного устройства централизованных очистных сооружений [32].

Централизованные системы очистки стоков основаны, как правило, на реагентных методах предварительной очистки и включают ионообменный или электролизный методы для извлечения растворенных примесей по иной степени дисперсности. В качестве первой ступени очистки применяют также метод электрокоагуляции с последующим отстаиванием и фильтрованием, для хромосодержащих стоков применяют биохимическую очистку.

В локальных циклах водооборота используются реагентные, ионообменные, гиперфильтрационные, электрохимические и др. методы очистки.

Технологии различных методов очистки сточных вод гальванических производств достаточно полно освещены в литературе по очистке промышленных сточных вод и в данном издании не рассматриваются.

Классификация отходов гальванического производства.

Отходы гальванического производства условно можно разделить в зависимости от источников образования и от предполагаемой технологии их последующей переработки на несколько видов: отработанные концентрированные технологические растворы (электrolиты нанесения покрытий, растворы снятия покрытий, щелочные и кислые травильные растворы и др.); промывные воды; гальванические шламы.

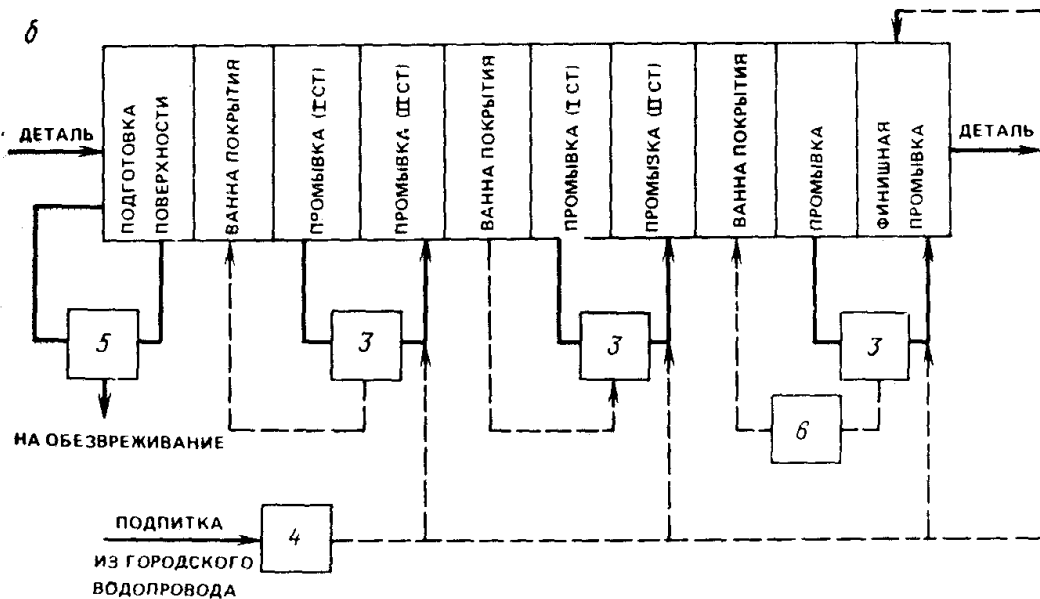
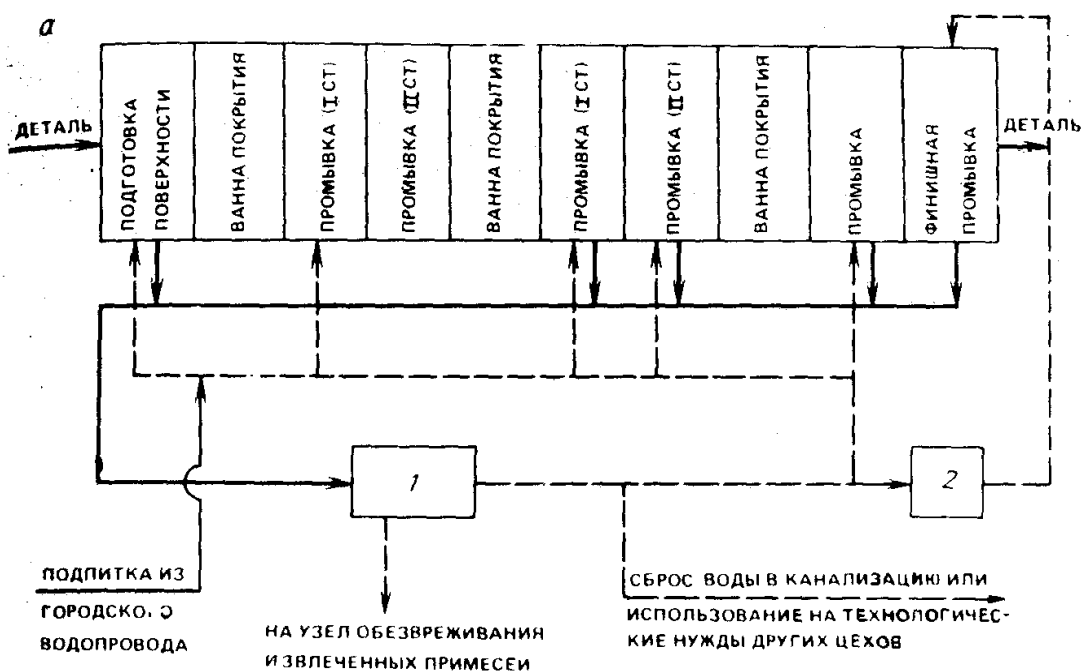


Рис. 66. Централизованная (а) и децентрализованная (б) системы водного хозяйства гальванического цеха
1 - централизованные очистные сооружения; 2 - очистные сооружения доочистки воды; 3 - очистные сооружения локальных циклов водооборота промывных вод; 4 - очистные сооружения подпиточной воды из городского водопровода; 5 - очистные сооружения технологических вод; операций подготовки поверхности (обезжиривание, травление и т.п.); 6 - узел дополнительной очистки сконцентрированных примесей

Все собираемые концентрированные растворы гальванического производства делятся на следующие основные группы и подгруппы (на основе преобладающих в них компонентов и технологии их последующей переработки):

- 1) железо- и хромосодержащие электролиты и растворы:
хромосодержащие растворы, не содержащие органических соединений и фтор ионы;
фторсодержащие растворы;
растворы, содержащие органические добавки;
растворы от операций железнения;
- 2) никельсодержащие растворы:
растворы химического никелирования;
фторсодержащие растворы;
растворы электрохимического никелирования;
- 3) кадмийсодержащие растворы:
аммиаксодержащие растворы;
безаммиачные растворы;
- 4) оловосодержащие растворы:
растворы кислого оловянирования;
растворы щелочного оловянирования;
- 5) свинецсодержащие растворы;
- 6) растворы, содержащие борфтористоводородную кислоту и ее соли;
- 7) медьсодержащие растворы:
растворы кислого меднения;
растворы пирофосфатного меднения;
аммиаксодержащие растворы;
растворы химического меднения;
растворы на основе хлорного железа;
- 8) цинксодержащие растворы:
растворы после кислого цинкования;
растворы после щелочного цинкования;
фосфорсодержащие растворы.

Промывные стоки по химическому составу и по способу их дальнейшей очистки делятся на три типа: хромосодержащие; циансодержащие; кислотнo-щелочные.

Шламы, получаемые на заводских очистных сооружениях после обезвреживания сточных вод, делятся на следующие основные группы:

- осадитель -- известковое молоко (кальцийсодержащие);
- осадитель — щелочь, сода (натрийсодержащие);
- шламы, получаемые в процессе электрокоагуляционной очистки и при использовании железосодержащих реагентов (железосодержащие).

Обработка отработанных электролитов. Постепенное накопление в электролитах ионов посторонних металлов (в случае блестящего никелирования, например, ионов меди, свинца), а также механических и других загрязнений оказывает неблагоприятное воздействие на качество покрытия. Отработанные электролиты могут быть обработаны с получением различного конечного результата. Наиболее желательным является регенерация раствора, восстановление его работоспособности. Если регенерация экономически не выгодна или не решена технически, следует проводить обработку раствора с целью утилизации ценных веществ, в первую очередь цветных металлов. В крайнем случае производится обезвреживание растворов с целью исключения загрязнения окружающей среды [29].

В промышленно развитых странах извлечением и утилизацией ценных веществ из отработанных электролитов занимаются более пятидесяти фирм. Чаще всего применяются электрохимические методы извлечения металлов, а также реагентные, ионообменные и другие. Известные методы обработки отработанных электролитов можно классифицировать (табл. 3.9).

Регенерация органических растворителей, применяемых для обезвреживания, осуществляется путем дистилляции и методом реэкстракции. Для очистки некоторых органических растворителей разработаны также адсорбционные методы [32].

Водно-моющие растворы обезжиривания регенерируются реагентными, физическими и электрохимическими способами. Все перечисленные методы регенерации отработанных растворов обезжиривания у нас в стране не нашли распространения главным образом из-за сравнительно низкой стоимости растворов обезжиривания и небольших их объемов в гальванопроизводстве. Загрязненные растворители в большинстве случаев сжигаются.

Регенерация электролитов для нанесения гальванопокрытий осуществляется, в основном, непрерывной или периодической фильтрацией, селективной очисткой от примесей посторонних металлов, сорбционным удалением продуктов распада органических веществ или путем их окисления.

Ионы тяжелых металлов из электролитов цинкования удаляются длительной переработкой электролитов током или цементацией. Для удаления примесей Cr(VI) вводятся восстановители. Fe(II) удаляется вводом перекиси водорода. Также переводятся вредные примеси Sn(II) в Sn(IV). Для снижения жесткости вводится реактив трилон Б. Ионы тяжелых металлов из цианистых электролитов цинкования удаляются при помощи сульфида натрия.

Органические примеси электролита цинкования окисляются перекисью водорода или фильтрованием через механический фильтр с активированным углем. Избыток карбонатов в цианистых электролитах цинкования удаляется добавлением цианида, оксида бария или кальция. В больших ваннах применяют вымораживание.

В сернокислых электролитах меднения накапливающаяся закисная медь удаляется путем обработки раствора в ваннах с нерастворимыми анодами. Некоторые примеси (например, рe) удаляются смесью $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{Cl}$ или реверсивным током (As, Sb, Bi). Органические примеси окисляются перекисью водорода или удаляются активированным углем. Избыток Cl⁻ ионов удаляется вместе с закисью меди в виде нерастворимого CuCl_2 . Для перевода дицианата в цианид в цианистых электролитах применяется сульфит натрия. Избыток карбонатов в цианистых электролитах устраняется добавлением оксида бария или вымораживанием. Кроме того, железо может быть удалено в виде гидроксида после его предварительного окисления, медь - путем контактного осаждения на стальных листах или цементацией при помощи угольного порошка. Примеси цинка и алюминия могут быть удалены подщелачиванием раствора до pH 5,6—6,5.

3.9. Классификация методов обработки отработанных концентрированных растворов электролитов

Растворы электролитов	Физико-химический метод обработки								Механическая обработка
	селективный электролитический	прямой электролиз	диафрагменный электролиз	электрофлотация	сорбционный	ионообменный	ультрафильтрационный	химическая обработка	

1. Цинкосо-держашие:

цианистые	P	OY			-	-	-	PO	P
кислые	P	Y	Y	YO	P	YO		OP	
щелочные				YO	P	YO		PO	P
фосфатной обработки								O	PY

2. Медьсодержашие:

кислые	P	Y	Y		P	YO		PO	
цианистые	P	OY						PO	
пирофосфатные	P	Y			P	Y		PO	
химическое меднение		Y	Y			Y	OY	PY	
азотно-кислородное травление				PY				O	
серно-кислородное травление		PY						O	

Продолжение табл. 3,9

Растворы электролитов	Физико-химический метод обработки								Механическая обработка
	селективный электролитический	прямой электролиз	диафрагменный электролиз	электрофлотация	сорбционный	ионообменный	ультрафильтрационный	химическая обработка	
3. Никельсодержащие:									
кислые	P	УР	У		P	У		ОУР	P
химическое никелирование						У		РО	P
4. Кадмийсодержащие:									
цианистые	P	ОУ						РО	P
кислые	P	У	У	УО	P	УО		ОР	
5. Оловосодержащие:									
кислые	P				P			РО	
щелочные	P							РО	
6. Серебросодержащие:									
цианистые					P	P		P	
роданистые					P			P	
7. Обезжиривающие			P	РО			P	ОР	
и									

Продолжение табл. 3,9

Растворы электролитов	Физико-химический метод обработки								Механическая обработка
	селективный электролитический	прямой электролиз	диафрагменный электролиз	электрофлотация	сорбционный	ионообменный	ультрафильтрационный	химическая обработка	

моющие растворы

Примечание. Р – регенерация; У – утилизация; О – очистка.

Разработан метод очистки сульфатных электролитов никелирования от Cu , Fe , Zn , Pb , Cd , Co , As при помощи три-алкилбензиламмонийхлорида в полиалкилбензоле. Органические примеси удаляются так же, как в электролитах цинкования и меднения. Коллоидные частицы удаляются при помощи водо-растворимых полимеров.

В электролитах лужения ионы Sn^{4+} восстанавливаются добавлением металлического олова, ионы Cl^- удаляются при помощи сернокислого серебра, ионы Cu^{2+} — сульфоксидом формальдегида натрия или проработкой током. Избыток органических веществ удаляется фильтрованием через активированный уголь, избыток ионов щелочных металлов — путем электродиализной обработки. Органические примеси из электролита серебрения удаляются обработкой перекисью водорода и фильтрацией через активированный уголь. Избыток карбонатов удаляется путем вымораживания. Непригодные для работы цианистые электролиты серебрения обрабатываются различными реагентами, выделившееся серебро остается.

У нас в стране выпускаются фильтры для удаления из электролитов механических примесей (г. Бердичев). Ионы посторонних металлов (меди, свинца) из электролитов никелирования удаляют обработыванием электролита током низкой плотности (селективная очистка на гофрированном стальном катоде, что позволяет значительно увеличить площадь катода). Процесс ведется при перемешивании раствора и нагреве до $50\text{--}55^\circ\text{C}$. Для более эффективного удаления растворенных металлических примесей pH раствора устанавливают в пределах от 2 до 2,5. Такое снижение pH раствора существенно уменьшает выход никеля, не влияя на восстановление меди и свинца.

В комплект автоматических и механизированных линий никелирования, выпускаемых Тамбовским заводом гальванического оборудования, входят ванны селективной очистки, которые устанавливают рядом с ваннами никелирования. Электролит из ванны покрытия непрерывно подается в ванну селективной очистки, а оттуда через фильтровальную установку возвращается в ванну покрытия очищенным не только от растворимых металлических примесей, но и от взвешенных частиц.

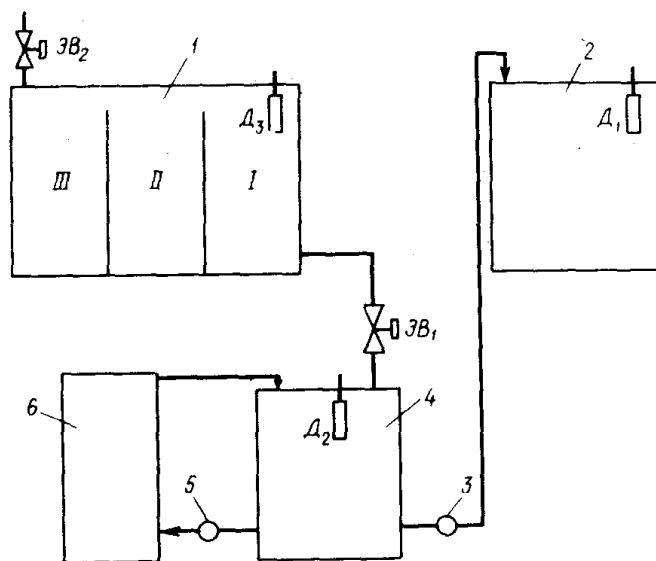


Рис. 67. Схема локальной регенерации электролита хромирования
1 - промывочная ванна;
2 - электролитическая ванна;
3 - насос; 4 - накопитель;
5 - насос; 6 - ионообменная колонка; ЭВ¹, ЭВ² - электролитические ванны;
Д¹, Д², Д³ - датчики

На рис. 67 показана схема локальной регенерации электролита хромирования. Концентрат из отсека I ванны трехступенчатой каскадной промывки 1 переливают в накопитель 4 до заданного уровня. Из накопителя насосом 5 концентрат непрерывно прокачивается через ионообменную колонку 6 (катионит), где подвергается регенерации и возвращается в накопитель. По мере испарения электролита в ванне 2 по сигналу от датчика Д1 насосом 3 концентрат из накопителя подается в ванну хромирования. По сигналу от датчика Д2 через электромагнитный клапан ЭВ1 в накопителе пополняется концентрат из отсека I ванны 1. В свою очередь, падение уровня концентрата в отсеке I ванны трехступенчатой каскадной промывки компенсируется подачей обессоленной воды в отсек III этой ванны через клапан ЭВ2 по сигналу от датчика Д3, установленного в отсеке I [16].

У нас в стране и за рубежом имеются прогрессивные методы очистки и регенерации отдельных электролитов, применение которых без значительных капитальных затрат позволяет производить корректировку электролитов один раз в 3 мес, а их полную замену -- один раз в течение 2--3 лет.

Регенерация цветных металлов из промывных вод. Для извлечения цветных металлов в основном применяют три метода: реагентное осаждение, ионный обмен и электролиз. Реагентное осаждение лежит в основе методов Ланей и Рекон, позволяющих извлекать никель, медь и кадмий. Металлы получают в основном в виде гидроксидов, а осветленная вода возвращается для промывки изделий.

При помощи ионообменных смол извлекаются никель, хром, серебро, золото (метод Баера). Главной особенностью схем с ионообменной технологией является повторное извлечение компонентов и использование воды в цикле. Минприбор СССР выпускает ионитные установки типа ПП-379 для регенерации меди. Производительность установки 300 л/ч. Используется катионит КУ-2 и анионит АМ-7.

Способ сочетания ионного обмена и электролиза, разработанный в ФРГ, является аналогом установки регенерации меди, спроектированной ЭКТБ "Автопром" (Львов). Главная проблема при регенерации металлов электролизом состоит в низкой концентрации металла в промывной воде. При концентрации металла 100 мг/л осаждение на плоских электродах составляет 20 %. Для интенсификации электрохимических процессов, протекающих в разбавленных растворах, за рубежом используют специальные электроды: сетчатые, псев-дооживленные, суспензионные, вращающиеся, из волоконисто-углеродных материалов.

Известны также отечественные разработки электролизеров, предназначенных для извлечения цветных металлов из разбавленных растворов. Так, в системе АН СССР заканчивается разработка электролизера с катодами из углеродных волоконистых материалов. Электролизер типа ЭУ-1М, предназначенный для извлечения золота и серебра, превосходит по производительности аппараты с плоскими катодами в 100 раз и в 7—8 раз аппараты с пластинчатыми катодами.

В институте "Казмеханобр" (Алма-Ата) разработали оригинальный аппарат, позволяющий извлекать цветные металлы из разбавленных растворов. По данным разработчиков, возможно извлечение до 90 % металлов при расходе электроэнергии 0,1 кВт/ч. Аппарат рекомендуется для очистки смешанных сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Обезвоживание гальванических шламов. При очистке стоков гальванических производств образуются аморфные осадки, содержащие гидроксиды железа и цветных металлов. Такие осадки характеризуются плохими фильтрационными свойствами, поэтому производительность оборудования, используемого для их обезвоживания, низка. Для увеличения производительности вакуум-фильтра, фильтр-пресса или центрифуги гидроксидные осадки подвергают реагентной обработке. В качестве реагентов используют известь, соли железа и алюминия, кислотосодержащие реагенты, полиэлектролиты, присадочные материалы. Введение минеральных реагентов, особенно извести, влияет на уменьшение удельного сопротивления осадка, изменяя его структуру. Основным недостатком этого метода является дефицитность используемых реагентов, их высокая стоимость, необходимость приготовления и хранения реагентов, увеличение объема осадка, трудность его утилизации.

Введение полиэлектролитов и реагентов в сточные воды с целью улучшения свойств образующегося осадка приводит к увеличению солесодержания очищенной воды, так как часть ионов не выпадает в осадок. По сравнению с реагентными методами очистки металлосодержащих сточных вод электрокоагуляционной метод имеет ряд преимуществ, в том числе, сокращение продолжительности и непрерывности процесса, значительное сокращение объема реагентного хозяйства, уменьшение необходимых производственных площадей, снижение солесодержания обработанной воды, возможность утилизации осадка из-за отсутствия дополнительных загрязнений.

Безреагентные методы обработки гальванических шламов являются наиболее перспективными. Простое уплотнение позволяет повысить концентрацию твердой фазы в осадке в 2—3 раза, но более длительное уплотнение не оказывает существенного влияния на концентрацию осадка [7].

Компактные осадки с хорошими фильтрующими свойствами получаются при биохимической очистке хромосодержащих вод и при электрофизических методах обработки. Метод электрообработки с применением электроосмоса и электрофореза был использован для обработки осадка после реагентной схемы восстановления ионов шестивалентного хрома. Кроме того, была показана возможность электрокондиционирования осадков сточных вод гальванических цехов. Электрообработка осадков большой влажности проводится при плотности тока 30—55 мА/см² с нерастворимыми электродами. Причиной положительного эффекта является дестабилизация дисперсной системы под действием электрического поля, дегидратация частиц оксигидратов железа и хрома. Скорость фильтрации после электрообработки увеличивается в 4—5 раз, скорость осаждения — в 6-7 раз, удельное сопротивление уменьшается в 4 раза, влажность составляет 75 %. Недостатком этого метода являются значительные энергозатраты --60 кВт/м³. Водоотдающие свойства металлосодержащих осадков улучшаются при замораживании. Исследования, проведенные в Ташкентском филиале ВНИИВОДГЕО показали, что при толщине слоя осадка 1 см время замораживания составляет 2—2,5 ч при -9-12°C. При быстром размораживании осадка удельное сопротивление составляет 8,2x10⁻¹⁰ см/г, влажность после 15 мин оттаивания -- 85-87 %. Установлено, что осадки, обработанные замораживанием, могут быть обезвожены на шламовой площадке. Недостатком этого метода является значительный расход электроэнергии (50кВт.ч/м³).

Снижение удельного сопротивления осадка происходит при введении в него древесных опилок. Оптимальными являются массовые соотношения опилок и сухого вещества осадка 0,75:1 и 1:1, при которых удельное сопротивление через 2 ч отстаивания составляет (30-24)·10⁻¹⁰ см/г, а уплотнение увеличивается на 45 %.

Предварительно обработанные осадки следует направлять для обезвоживания в вакуум-фильтры, фильтр-пресса или центрифуги. Продолжительность фугования при частоте вращения ротора центрифуги 1450 мин⁻¹ не превышает 5 мин; уплотненный осадок занимает до 20 % начального объема. Обезвоживание осадка на вакуум-фильтрах возможно, если начальная его влажность не превышает 95 %. При этом производительность вакуум-фильтров не превышает 25-30 кг/м²ч, влажность обезвоженного осадка составляет около 70 %. Обезвоживание осадков на фильтр-прессах типа ФПАКМ производится при рабочем давлении 0,4—1 МПа. Производительность аппаратов достигает 10-15 кг/м²ч, влажность обезвоженного

осадка — 50—70 %. Хорошо обезвоженные осадки получаются при снижении их щелочности до нейтральной путем подкисления.

Утилизация гальванических шламов. В отечественной и мировой практике гальванические шламы используют для получения нерастворимых отвержденных блоков, в промышленности строительных материалов и городском хозяйстве и в качестве сырья для извлечения ценных компонентов.

Для уменьшения экологической опасности отходов гальванических производств, выпавших в осадок, используют методы химической фиксации, производимой путем ферритизации твердой фазы отходов, силикатизации, отверждения отходов с использованием неорганических и органических вяжущих, спекания.

Однако методы фиксации решают лишь экологические аспекты проблемы обработки осадков, но не позволяют использовать их в качестве вторичного промышленного сырья с извлечением ценных металлов. Ниже приводятся некоторые методы утилизации гальваношламов на основе химической фиксации. Например, хромосодержащие осадки после сушки до гигроскопической влажности, а при значительном содержании органических составляющих прокаленные до озоления могут использоваться в качестве красителя при производстве декоративного стекла.

3.10. Результаты испытаний смеси

Величина рН	Fe _{общ}	Cu	Ni	Cr ⁺³	Cr ⁺⁶
7	0,4	0,05	0,07	0,01	0,03
12	0,38	0,05	0,07	0,01	0,08
5	0,8	2,6	0,38	0,2	
3	2	3,75	0,75	0,45	

В ГосНИИстекла при варке опытных образцов листового, коврово-мозаичного и трехкомпонентного стекла в шихту добавляли от 0,5 до 1 % гальваношлама, высушенного до 2 %-ной влажности.

В зависимости от химического состава введенного гальваношлама были получены образцы стекла различного цвета: зеленого (бутылочного), ярко- синего, сине-зеленого, темно-коричневого и непрозрачного черного (плитка). Так, при введении в шихту гальваношлама НПО "Якорь" следующего состава, %: Са - 10; Сг - 9,09; Ni - 3,4; Zn - 6,8; Fe -- 11,36; Cu -- 4; Рв - 3,5; Al₂O₃ -- 5,45; F - 2,27; W - 2,27 получили стекло слабо-серого цвета. При введении гальваношлама НПО "Салют", в состав которого входят следующие элементы, %: Сг - 15; W - 0,001; Рв - следы; Al - 2,1; Fe -- 11,1; Zn -1,2; Mg — 0,42; Ni — 1 в зависимости от состава шихты можно получить плитку и стеклоблоки серо-зеленого или салатового цвета.

В ГИСИ им. В.П. Чкалова были проведены исследования по определению возможности добавки гальванических осадков в асфальтовую смесь. Химический состав осадка станции нейтрализации завода им. Фрунзе (г. Горький), откуда брались пробы, был следующий, %: хром — 2,5—5,4; никель --0,7-5,2; медь - 1,6-6,8; цинк - 2,2- 6; железо - 3-6,2. Остальное — оксид кальция, прочие элементы и вода. Влажность осадка — 65 %.

Асфальтобетон приготавливался с добавкой осадков в количестве 10, 15, 20 %. Были испытаны вытяжки растворов с рН 3; 5,7; 12. Полученные смеси интенсивно перемешивались и анализировались после 2, 8 и 15 дней контакта. В табл. 3.10 приведены результаты испытаний смеси: щебенки — 25; отходов — 10; песка — 56,2; битума —8,8 % (вытяжка через 15 дней). Испытания, проведенные в реальных условиях, показали, что в процессе эксплуатации дороги с асфальтобетонным покрытием, приготовленным с использованием в качестве минеральной добавки осадка очистных сооружений гальванического цеха, происходит частичное разрушение внешнего покрытия дороги, незначительное распыление частиц асфальта, загрязненных катионами железа и меди.

Концентрация ионов тяжелых металлов в грунте на придорожных участках незначительно превышает концентрацию ионов тяжелых металлов в грунте на участках, значительно удаленных от дороги. Таким образом, частичное разрушение опытного участка дороги, не превышающее нормативных пределов, не вносит существенных изменений в химический состав грунта и не приводит к изменению химсостава дренажных вод.

Экспериментальные исследования показали, что применение гидроксидных шламов, образующихся на станциях очистки гальванических стоков, в качестве минеральной добавки К асфальтобетону, технически целесообразно, экономически выгодно и не наносит ущерб окружающей среде.

Шлам, обогащенный железом, при обработке стоков реагентом, полученным из отходов металлов путем электролиза, используется для получения сложных высокоценных ферритов. Ферриты, получаемые из шлама, применяются в электротехнической промышленности, радиотехнике, химической промышленности в качестве катализаторов и т.д. Железосодержащие шламы в высушенном состоянии могут использоваться при производстве керамзита с целью замены опилок, в ряде случаев являющихся дефицитным материалом [7].

Полностью исключаящим загрязнение окружающей среды является метод обжига гальваношлама в присутствии силикатов. При температуре выше 1100°C более 96 % шестивалентного хрома превращается в трехвалентный. Сплавление гальваношламов с силикатами в соотношении 1:1 и температуре процесса 800—1000°C позволяет получать труднорастворимые соединения тяжелых металлов. Такой сплав можно использовать без дальнейшей обработки для различных народнохозяйственных нужд: инженерной подготовки территории, облицовки зданий и т.д. Этот метод открывает возможность извлечения из сплава тяжелых металлов.

Получение нерастворимых отвержденных блоков для дальнейшего их использования в строительстве нашло широкое применение в Англии, Японии, США и других странах. Одним из основных связующих веществ является портландцемент или другие виды цемента, в зависимости от химического состава шлама. Обязательным условием процесса отверждения является отсутствие органических веществ в шламе, т.е. шлам должен быть прокаленным.

Как показывает ряд исследований, обработка гальваношлама отвердителями позволяет получить материал, безопасный для окружающей среды. Так, степень вымываемости тяжелых металлов из шламов, отвержденных портландцементом в соотношении 10:1, снижается в среднем в 1000 раз и составляет сотые или тысячные доли мг/л. Это позволяет использовать отвержденные шламы в окружающей среде без риска загрязнения почвы и грунтовых вод тяжелыми металлами. Отвержденный цементом шлам, выпускаемый в виде блоков различной конфигурации, находит применение в строительстве, особенно там, где не требуются ответственные конструкции.

Большой интерес представляет опыт использования гальваношламов в промышленности строительных материалов Литовской ССР. Там на 38 предприятиях станкостроительной и металлообрабатывающей промышленности очистку сточных вод гальванических производств ведут по методу, разработанному НПО "Литстанкопроект". Химический состав осадков следующий (%): оксид железа (II) FeO — 4,2—42,8; оксид железа (III) Fe_2O_3 — 1,3—11,9; оксид хрома Cr_2O_3 — 0,7—5,8; оксид никеля Ni — 0,01—30,6; оксид цинка Zn — 0,01—9,6; оксид меди CuO — до 10,5; оксид кадмия CdO — до 2,4; оксид алюминия Al_2O_3 — до 4,5; оксид кальция CaO — 1,3—10,1; оксид магния MgO — до 5,1; оксид калия K_2O — 0,01; оксид натрия Na_2O — до 12,1. Катионы тяжелых металлов в осадке находятся в основном в форме гидроксидов, а часть — в форме сульфата, карбоната или другой нерастворимой соли. Влажность осадка 58—85 %, pH — 7—10.

На Палемонасском керамическом заводе (Литовская ССР) эти шламы применяют при производстве черепицы. Для этого специально оборудован участок приема отходов. Гальванические отходы загружают в контейнеры вместимостью 2000 кг и централизованно доставляют на завод. Выгрузка контейнеров механизирована. После выгрузки отходов контейнеры и помещение промывают водой, которая стекает в резервуары с отходами. За год принимается 1200 т гальванических отходов. Исследование образцов черепицы, полученных в промышленных условиях, показало, что при повышении температуры начинаются реакции между твердыми веществами и образуются кристаллические силикаты и стекло [6].

При температуре 950°C Na, Ca, Zn, Cd, Ni, Cu находятся в форме силикатов, а другая их часть растворяется в стеклообразных сплавах. Силикат хрома (III) не образовывается. После прокаливания при температуре 950°C оксид хрома становится устойчивым, поэтому особое внимание было уделено созданию условий, при которых хром (III) не переходит в хром (VI). Оказалось, что ионы железа (II), которыми обогащается осадок при очистке сточных вод, предотвращает переход хрома в шестивалентную форму. Кроме того, на определенной стадии создается восстановительная атмосфера в печи.

Надежность захоронения тяжелых металлов в керамику оценивалась по химическому анализу вытяжек из керамического материала водой, а также растворами уксусной и серной кислот (pH = 5,5). В вытяжках ионов кадмия, никеля, меди, цинка, хрома (шестивалентный Cr не был обнаружен), хрома трехвалентного было менее 0,4 мг/л (в 1 кг сухого керамического материала), что ниже предельно допустимых норм.

3.11. Технические требования к промышленным отходам и шламам, содержащим цветные металлы

Характеристика	Технические требования	Норма
Печные выхломы, катодные крючки с наросшим никелем, шлаки, сьем	Содержание никеля, меди и кобальта в сумме, % не менее	20
Отходы, не удовлетворяющие требованиям 1-го сорта, шламы, соли	Содержание никеля и кобальта, % не менее	3
Железоникелевые аккумуляторы	Неразделанные	3

Практика показала, что при вводе в керамическую смесь тяжелых металлов происходит не только их надежное обезвреживание и захоронение, но улучшаются и некоторые свойства черепицы. Осадки, содержащие тяжелые металлы, обладают отошающими свойствами. Добавка этих осадков уменьшает

пластичность формовой смеси и чувствительность к сушке. Процесс сушки можно вести более интенсивно, так как воздушная усадка уменьшается. Пористость и водопоглощение обожженных изделий незначительно увеличиваются, хотя механическая прочность на 5—10 % выше контрольной. Черепица, содержащая тяжелые металлы, в обожженном виде обладает более яркой окраской. Уменьшается брак черепицы по внешнему виду. В отдельных случаях концентрация ценных металлов в гальванических шламах может быть приравнена к их концентрации в природных рудах.

Согласно ГОСТ 1639—78*, предприятия Минцветмета СССР могут принимать для переработки на предприятиях цветной металлургии отходы цветных металлов, в том числе гальванические шламы (табл. 3.11). При этом имеются определенные ограничения. Например, цинк является ядом для никеля, примеси свинца несовместимы с цинком и никелем и т.п. Шламы должны иметь влажность не более 10 %, массу отдельных кусков не более 1 кг.

Однако прием гальванических шламов на предприятия цветной металлургии в широких масштабах пока ограничен как из-за технологических, так и из-за организационных трудностей. В табл. 3.12 приведены основные области утилизации гальванических шламов и технические требования к ним.

3.12. Области утилизации и технические требования к гальваношламам

Область утилизации	Процент шлама в сырье, %	Состояние шлама	Влажность, %	Степень предварительной подготовки	Место подготовки шлама	Особые требования к шламу	Изменение свойств изделий
В асфальтовой смеси	10	Пастообразное	65	Обезвоживание	На предприятии	—	Разрушение не превышает нормативных пределов
В типовых изделиях	5	Жидкое	98	—	—	—	Не изменяет свойств
В керамзите	—	Пастообразное, порошок	15	Сушка, измельчение	На комплексе по обезвреживанию	Гальваношлам +25% нефтепродуктов	Не изменяет свойств
В черепице и керамзите	3—5	Пастообразное	60—80	Обезвоживание	На предприятии	—	Увеличение прочности на 40—60%
В облицовочных плитках	5—30	Порошок	5—10	Сушка	На комплексе по обезвреживанию	—	Изменение цвета от светлого до темного коричневого
В железноокислительных пигментах	—	Жидкое	96—98	—	—	Свежий шлам не более 2 суток хранения после электрокоагуляции	—
В стекле	0,5—1	Порошок	2	Обжиг	На комплексе по обезвреживанию	—	Три вида стекла: листовое коврово-мозаичное, трехкомпонентное, 50% золы нефтесодержащих отходов
Извлечение цветных металлов	50	Спек	—	Спекание	На комплексе по обезвреживанию	Сумма цветных металлов	—
В стеклокремнеземных облицовочных плитках	—	Пастообразное (хромсодержащие гальваношламы)	Не более 60	Обезвоживание	На предприятии	Не растворимый в кислоте осадок: Mg — 2%, Na — 3%, Cr — 10%, Fe — 6%, Cu — 5%, Zn — 5%, Al — 6%	—

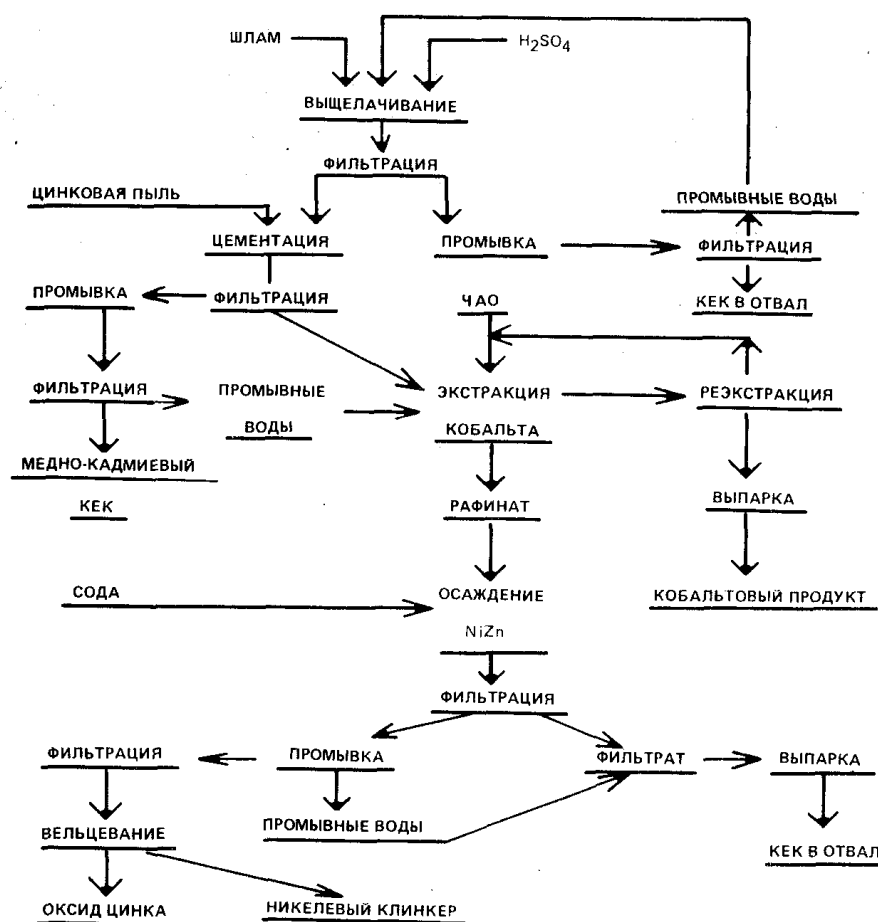


Рис. 68. Принципиальная схема переработки шлама гальванических производств. Кислотное выщелачивание

Несмотря на широкие возможности непосредственной утилизации гальваношлатов в различных отраслях народного хозяйства, наиболее целесообразными методами утилизации являются те, которые позволяют извлекать ценные металлы. Так, в МХТИ им. Д.И. Менделеева в лабораторных условиях были изучены различные варианты выделения ценных компонентов из термообработанного гальваношлама АЗЛК. Было применено выщелачивание цветных металлов с использованием серной и азотной кислот (рис. 68). При использовании серной кислоты возникли трудности с фильтрацией получаемой пульпы. Однако при этом была достигнута большая селективность, и этот вариант выщелачивания явился предпочтительным с точки зрения возможности последующего разделения переходящих в воду ионов цветных металлов и обезвреживания образующихся сточных вод. Полученные после корректировки кислотности и фильтрации сернокислые растворы содержали в основном медь, кобальт, никель, хром, Кадмий, щелочные металлы.

Сведений о возможности селективного разделения катионов металлов из таких растворов в технической литературе нет. Однако в гидрометаллургии цветных металлов используют различные приемы разделения элементов, например, отделяют медь от других цветных металлов, медь и кадмий от цинка, кадмий от цинка, кобальт от никеля и т.п.

В МХТИ им. Менделеева разработан метод селективного экстракционного отделения кобальта солями четвертичных аммониевых оснований (ЧАО). В эксперименте по переработке гальваношлама были использованы некоторые из этих приемов. В начале процесса медь селективно отделялась экстракцией реагентами класса оксиоксимы, производство которых в настоящее время налаживается отечественной промышленностью. После резэкстракции серной кислотой получаемый раствор меди может быть переработан на медный купорос выпаркой.

Был проведен альтернативный процесс одновременного выделения из получаемого раствора меди и кадмия. Этот способ широко применяется для очистки сульфатных цинковых растворов. Остаточное содержание меди и кадмия в технологических растворах не превышало 3--5 мг/л. Такой раствор можно очищать далее известными методами (электролиз, ионообмен и т.д.). Полученный продукт (так называемый медно-кадмиевый кек) может быть переработан на медь и кадмий либо быть просто товарным продуктом.

Затем из сернокислого раствора извлекли кобальт по способу МХТИ. В качестве реагента использовался сульфат четвертичного аммониевого основания. Остаточное содержание кобальта в растворе не превышало 1--2 мг/л. Щелочной реэкстракт после выпарки может быть переработан в соединения кобальта.

Другие селективные методы извлечения кобальта из сернокислого раствора в настоящее время не известны. Применяемый в никелевой подотрасли способ осаждения кобальта элементарным хлором не может быть использован из-за сложностей при дальнейшей переработке.

Из рафината после экстракции кобальта цинк и никель выделялись осаждением в виде карбонатов. При этом продукт после выпарки маточного раствора содержал, в основном, соли щелочных металлов. В связи с тем, что в настоящее время не известны способы использования этого продукта, в дальнейших исследованиях необходимо найти путь его утилизации. Из осадка вельцеванием при температуре 800—900°C выделяли товарный оксид цинка. Клинкер содержал, в основном, оксид никеля. Он может быть использован для получения различных соединений.

В лабораторных исследованиях не удалось получить репрезентативные результаты по извлечению хрома, свинца и других металлов из-за сжатых сроков эксперимента, малой мощности лабораторной установки и отсутствия некоторых реагентов. Однако предварительные исследования показали, что имеется принципиальная возможность извлечения практически всех цветных металлов из гальванических шламов гидрометаллургическими методами.

Часть получаемых продуктов (медно-кадмиевый кек, оксид цинка) являются товарными продуктами, другие (никелевый клинкер, кобальтовый кек и т.п.) могут быть переработаны для собственных целей. Исследования по извлечению цветных металлов из гальваношламов имеют важное народнохозяйственное значение и ведутся рядом научно-исследовательских организаций с целью создания принципиально новых заводских технологий, которые могут быть применены при переработке гальваношламов.

3.9. Обработка легковоспламеняющихся жидкостей

На многих предприятиях производственные процессы связаны с применением растворителей и промывочных жидкостей. Они выполняют свою роль только на определенных стадиях технологических работ, после чего сливаются, выбрасываются в атмосферу, сжигаются и т.д. Общее количество органических растворителей (исключая промывочные жидкости), расходуемых ежегодно народным хозяйством страны, превышает 1 млн. т/год. Эти отходы представляют собой легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), которые пожаровзрывоопасны. Их неконтролируемый сброс в водоемы и канализацию представляет угрозу окружающей среде, нарушает нормальную работу очистных сооружений.

К ЛВЖ относятся горючие жидкости с температурой вспышки, не превышающей 61°C в закрытом тигле или 66°C -- в открытом. По температуре вспышки они делятся на три группы:

I — особо опасные ЛВЖ с температурой вспышки -18°C и ниже в закрытом тигле или от -13°C и ниже в открытом тигле;

II — постоянно опасные ЛВЖ с температурой вспышки выше -18°C до 23°C в закрытом тигле и от -13°C до +27°C в открытом тигле;

III — опасные ЛВЖ с температурой вспышки от 23°C до 26°C в закрытом тигле или от 27 °C до 66°C в открытом тигле.

Министерства и ведомства, к которым относятся предприятия, использующие растворители, не всегда уделяют должное внимание проблеме их регенерации и рекуперации. Предприятия же, полностью обеспечиваемые растворителями, не заинтересованы в их повторном использовании. Между тем методы очистки и регенерации органических растворителей известны. Недостатки в работе соответствующих установок в значительной степени объясняются их кустарным изготовлением собственными силами предприятий и некачественной эксплуатацией.

Ниже приводится сравнительная характеристика методов очистки и регенерации некоторых распространенных органических растворителей (табл. 3.13).

Растворители относятся к легколетучим жидкостям, которые в технологическом цикле рассеиваются в воздухе, теряются безвозвратно, загрязняя окружающую среду. Процесс извлечения разбавленных паров и растворителей из воздуха и возвращения их в исходном товарном виде для повторного использования называется рекуперацией летучих растворителей. В его основе лежит явление физической адсорбции — поглощения паров вещества пористыми адсорбентами, например, углеродными (активированные угли) или минеральными (силикагели). Иногда в качестве поглотителей применяют нелетучие жидкости. Процесс адсорбции наиболее эффективно происходит, когда поры адсорбента по размерам в несколько раз превышают размеры поглощаемых молекул. Адсорбция значительно уменьшается с ростом температуры из-за более энергичного теплового движения газовых молекул. Это позволяет выделять основное количество поглощаемых веществ из адсорбента, т.е. осуществлять процесс десорбции.

Процесс рекуперации может быть периодическим (воздух, содержащий пары растворителя, проходит через неподвижный слой зернистого адсорбента, из которого после его насыщения извлекается утилизируемый продукт) или непрерывным (движущийся слой поглотителя последовательно проходит зоны адсорбции и десорбции).

3.13. Сравнительная характеристика методов очистки и регенерации органических растворителей

Очищаемый растворитель	Содержимые примеси	Методы очистки и регенерации	Эффект очистки	Недостатки метода
Алифатические спирты	Углеводороды, эфиры	Экстрактивная кристаллизация из воды, противоточная экстракция, обработка смесью воды и хлоруглеводорода (соотношение 1:1), ректификация	Выход в количестве 60%, данные по качеству отсутствуют	Длительность и многостадийность процесса очистки. Невысокий процент выхода очищенного растворителя. Большой расход дорогостоящих сорбентов и реагентов
	Высокомолекулярные соединения, красители, вода	Адсорбция на активированной глине при $t = 20^{\circ}\text{C}$ с последующей дистилляцией Экстрактивная дистилляция в присутствии 15–50% этиленгликоля или пропиленгликоля		
Метиловый отработавший	5% питательного агента, 65% диатомитовой земли	Двухстадийная дистилляция		Не обеспечивает высокой степени очистки
Этиловый реактивный	1% воды	Осушка оксидом кальция, дистилляция азеотропным агентом (бензолом или углеводородами C8-C12)		Сложность аппаратного оформления
	То же	Ректификация на колонке с активированным углем	Выход 83–85%	
Изопропиловый отработавший	Низкомолекулярные полимеры	Выпаривание (до 25–50%) с добавлением полибензольного масла для экстракции загрязнений с последующей очисткой спиртом		Низкий выход продукта, значительный расход электроэнергии
Бензол в отработавший	Масла, углеводороды, механические загрязнения	Двухступенчатая дистилляция	Данные по качеству продукта отсутствуют	Сложность аппаратного оформления
Толуол реактивный	Углеводороды	Обработка серной кислотой	То же	Большой расход серной кислоты.

Продолжение табл. 3.13

Очищаемый растворитель	Содержимые примеси	Методы очистки и регенерации	Эффект очистки	Недостатки метода
		(10% от объема толуола) при $t = 30^{\circ}\text{C}$ с обезвоживанием хлористым кальцием, дистилляция		Многостадийность
Толуол	Масла, углеводороды, механические загрязнения	Двухступенчатая дистилляция	То же	Сложность аппаратного оформления
Ксилолы	Углеводороды, тиофен, 15–20% этилбензола	Двухступенчатая кристаллизация, экстракция, ректификация. На I стадии t от минус 80 до минус 70°C (30 мин), на II стадии от минус 29 до минус 70°C	Степень чистоты очищенного растворителя 90%	Длительный процесс с низким выходом продукта
Алифатические амиды	Вода, органические кислоты, амины	Азеотропная дистилляция с водой, ректификация, нейтрализация щелочами	—	Значительный расход реагентов. Стоимость аппаратного оформления
Диметилформамид реактивный	25% воды, муравьиная кислота, вода	Дистилляция	Выход 70%	Высокие требования к герметичности аппаратуры
		Обработка едким калием, дистилляция над оксидом кальция, карбонатом калия, бикарбонатом натрия (t от минус 25 до минус 50°C), азеотропная дистилляция с диметиламином	Удовлетворительная степень очистки	Длительность и многостадийность процесса. Требуется дополнительный расход дефицитных реагентов и сорбентов

В качестве примера рекуперации паров растворителей можно привести технологию утилизации газовых выбросов производства поливинилового спирта (ПВС). Эти выбросы представляют собой смесь разнообразного количественного и качественного состава в зависимости от марочного продукта. Так, получение ПВС общего назначения сопровождается выбросом в атмосферу метанола, метилацетата, ацетальдегида, а ПВС медицинского назначения -- винилацетата, этанола и этилацетата. Омыление поливинилацетата с получением ПВС иногда производят в присутствии бензина. В этом случае газовые выбросы содержат еще и пары бензина. Как показывают данные обследования действующих производств ПВС, содержание перечисленных компонентов в отходящих потоках довольно значительно, г/м³: метанол — 10–65; метилацетат — 1,2–13,3; винилацетат — 2–9; ацетальдегид — 0,4–0,7.

При этом объем технологических сбросов достигает на некоторых стадиях (например, при сушке или отгонке мономеров) 100–150 м/мин. Поэтому становится очевидной необходимость рекуперации паров удаляемых веществ.

Процесс очистки паровоздушной смеси и рекуперации органических веществ, образующихся в производствах ПВС и ацеталей, состоит из четырех стадий: адсорбция, десорбция, сушка и охлаждение. На рис. 69 показана принципиальная схема рекуперационной установки. Парогазовая смесь с помощью газодувки 1 направляется в адсорбер 2, где проходит через неподвижный слой активированного угля высотой не менее 0,6 м. С целью рекуперации паров органических веществ отечественная промышленность выпускает угли марок АР-А, АР-Б, АР-В (ГОСТ 8703--74*). Активированный уголь для улавливания паров

органических веществ и промышленных газовых отходов из всех известных сорбентов является наиболее подходящим.

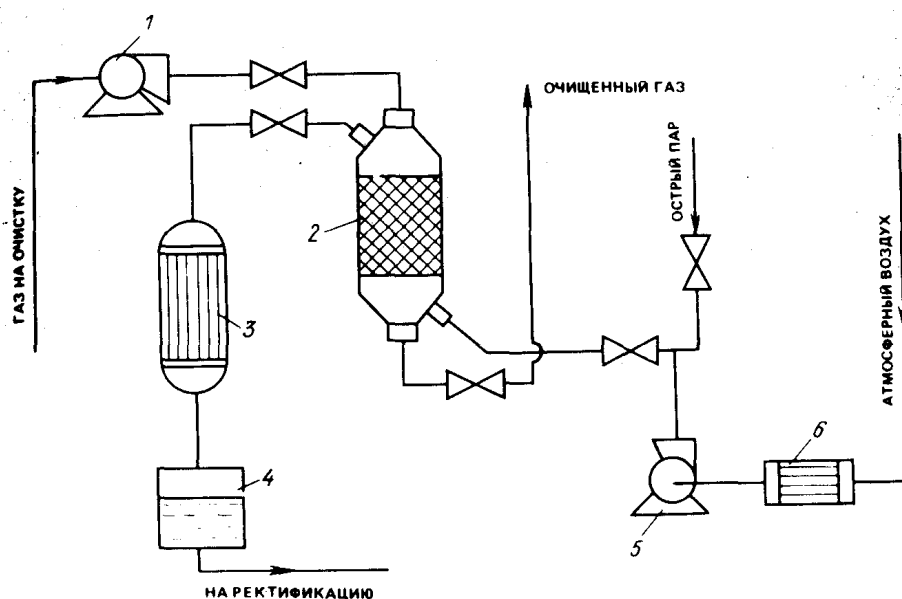


Рис. 69. Принципиальная схема рекуперационной установки 1,5- газодувки; 2 - адсорбер; 3 - холодильник; 4 - декантатор; 6 - калорифер

Очищенный воздух, пройдя через слой активированного угля, выбрасывается в атмосферу. После насыщения угля парами летучих веществ подача паровоздушной смеси в адсорбер прекращается, и начинается процесс десорбции. Активированный уголь, насыщенный парами органических веществ, регенерируется острым водяным паром температурой 110—115°C, который подается в течение 1,5—2 ч при помощи газодувки 5. Пары воды и десорбируемых веществ конденсируются в холодильнике 3 и в виде конденсата собираются в декантаторе 4, в котором система расслаивается на два слоя, водный и органический. Выделение из конденсата компонентов, пригодных для повторного использования в производстве, осуществляется ректификацией в отделении регенерации. По окончании процесса десорбции активированный уголь сушат воздухом, подогретым в калорифере 6. Температура воздушного потока, подаваемого на сушку, составляет 105—110°C. После сушки уголь охлаждается в токе атмосферного воздуха температурой не более 30°C, нагнетаемого в систему при помощи газодувки.

Регенерация растворителей по методам, изложенным выше, экономически оправдана на крупных предприятиях, где образуется большое количество отходов растворителей близких по составу. Однако этим методам присущи такие недостатки, как длительность и многостадийность процесса, высокий расход дорогостоящих сорбентов и реагентов, невысокий выход очищенного растворителя и т.п. Кроме того, необходимо сложное оборудование, поэтому основным видом обезвреживания этой категории отходов (особенно на мелких предприятиях) остается их сжигание.

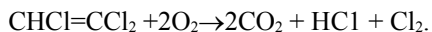
Согласно руководящим материалам "Охрана окружающей среды, сбор, хранение, уничтожение и регенерация отходов ЛВЖ" (РМ II -91.380-79), уничтожение отходов ЛВЖ должно проводиться на территории предприятия в специальных установках или вне предприятия на специальном полигоне по согласованию с городскими органами пожарной охраны и санитарно-промышленного надзора. Для локального бездымного уничтожения отходов ЛВЖ, не подлежащих регенерации и повторному использованию, рекомендуется применять турбобарботажную установку "Вихрь" [3].

Допускается применение специальных установок другого типа, соответствующих требованиям техники безопасности и не загрязняющих окружающую среду. Запрещается сжигать соединения, содержащие следующие вещества: хлор, фтор, бром, свинец, ртуть, хром, цианиды, роданиды, фосфор, бор, кремний, мышьяк, марганец, циклические и ароматические мононитросоединения, динитросоединения, тринитросоединения, диамины, амиды, неорганические амины, амины алифатические, ароматические изоцианиды. Все они подвергаются регенерации, уничтожению на установках с полной очисткой дымовых газов или вывозу для захоронения на полигоны. В технологическом цикле многих предприятий широко используются хлорсодержащие растворители. К хлорорганическим растворителям, отходы которых представляют особую опасность для окружающей среды, относятся такие соединения, как дихлорэтан, тетрахлорэтилен, гексахлорбутадиен, этилен-хлорид, винилхлорид, дихлорпропилен и т.д. Распространение этих отходов вызвано быстрым развитием химической промышленности, производства ядохимикатов, синтетических материалов и др., где они используются в качестве растворителей, моющих растворов и пр.

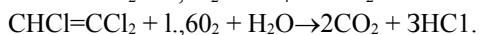
Специалисты считают, что сжигание хлорорганических отходов при определенных, специально созданных условиях является наиболее надежным и экономичным способом их обезвреживания. В

технологии утилизации отходов хлорорганических производств определенное распространение получили различные схемы сжигания отходов с последующим улавливанием хлористого водорода и выпуском товарной соляной кислоты.

При сжигании хлорорганических отходов на открытом воздухе выделяются дымовые газы, содержащие хлористый водород и хлор. Из-за загрязнения атмосферы высокотоксичными веществами такой способ обезвреживания отходов может иметь только локальный характер. Горение трихлорэтилена происходит по следующей реакции:



Нейтрализация дымовых газов, содержащих хлористый водород и хлор, представляет значительные трудности. Добавкой в зону реакции водяных паров или сжиганием дымовых газов совместно с природным можно изменить ход реакции



Последняя реакция должна происходить при сжигании дополнительного топлива из-за недостаточной теплоты сгорания трихлорэтилена.

Таким образом, в составе дымовых газов, кроме H_2O и O_2 , при полном сгорании имеется только хлористый водород, удаление которого осуществляется путем абсорбирования его водой. Образующуюся при этом соляную кислоту можно нейтрализовать щелочью или, доведя концентрацию кислоты до 35--37 %, выпускать ее в качестве товарной. Однако изготовление соляной кислоты оправдано только в том случае, если производительность установки по отходам составляет не менее 365 кг/ч при содержании хлора 60 % в составе этих отходов. Зона температур, при которых возможность образования хлора сводится к минимуму, находится в пределах 1300--2000 К. Необходимость вести процесс окисления отходов при таких высоких температурах накладывает определенные требования на применяемые материалы. Специалистами Института термодинамики и электрофизики АН ЭССР разработана технология высокотемпературного процесса окисления хлорорганических отходов в вихревой пульсационной горелке, имеющей уменьшенный объем камеры сгорания по сравнению со стационарной горелкой, способной понижать избыток окисления, повышать концентрацию радикалов в зоне горения, интенсифицировать тепло- и массообмен.

Были разработаны и испытаны конструкции вихревых пульсационных горелок, сжигающих в смеси пропана с воздухом смесь отходов с содержанием хлора от 20 до 80 % (рис. 70, 71). Кривые теплоты сгорания отходов в зависимости от содержания хлора приведены на рис. 72.

Нейтрализация образующегося хлористого водорода щелочью может производиться непосредственно в объеме камеры сгорания. Опыты показали, что степень связывания HCl в топочном объеме составляет 85-90 % и может быть повыше на гомогенизацией смеси отходов со щелочью и улучшением качества распыления отходов.

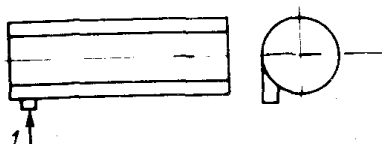


Рис. 70. Схема тангенциальной вихревой пульсационной горелки
1 - горючая смесь

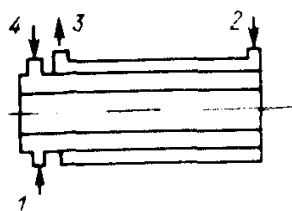


Рис. 71. Схема тангенциальной вихревой пульсационной горелки 1 - пропано-воздушная смесь, 2 - жидкие хлорсодержащие отходы; 3 - парогазовая смесь; 4 - парогазовая смесь с воздухом из вихревого смесителя

Процесс огневого обезвреживания хлорорганических отходов должен быть подчинен двум основным целям -- надежному окислению токсичных веществ и полному извлечению хлора (в виде хлористого водорода) из дымовых газов. Разработанные фирмами ФРГ, США, Японии, Франции и др. установки построены на единой технологической схеме: высокотемпературная переработка отходов, снижение температуры (закалка) дымовых газов и улавливание (адсорбция) хлористого водорода. Следует отметить, что с точки зрения ценности получаемых конечных продуктов и санитарной эффективности процесса нежелательно наличие хлора в отходящих дымовых газах. Максимальное преобразование Cl в HCl невозможно при повышении температуры, избытке водяных паров и проведении процесса при минимальном коэффициенте избытка воздуха.

Опытные данные свидетельствуют о том, что при 10 %-ном избытке водяных паров над стехиометрическим расходом обеспечивается практически полное связывание хлора в HCl при температуре более 1000°C. Присутствие

кислорода приводит к окислению HCl при охлаждении высокотемпературных газов. Для предотвращения обратной реакции осуществляется быстрое охлаждение — закалка продуктов обезвреживания. Охлаждающим агентом в рассматриваемых системах является соляная кислота различной концентрации, полученная как отход на других стадиях процесса и циркулирующая в системе закалочного аппарата.

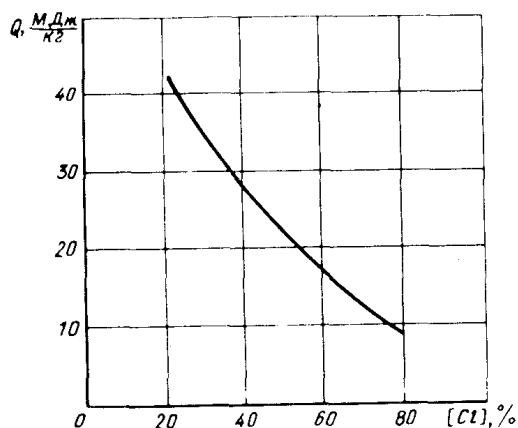


Рис. 72. Зависимость удельной теплоты сгорания отходов от содержания хлора

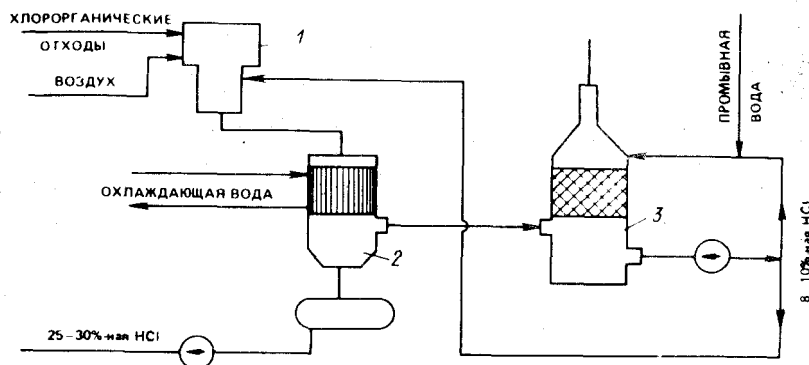


Рис. 73. Схема высокотемпературной переработки хлорорганических отходов с получением HCl
1 - циклонный реактор; 2, 3 - ступени абсорбции

Недостатком этих схем является необходимость

подачи газов с температурой $1000\text{--}1200^\circ\text{C}$ в отдельный прямоточный закалочный аппарат и невысокое влагонапряжение в нем ($100\text{ кг/м}^3\text{ч}$), что приводит к увеличению объема рабочего пространства камеры и обуславливает невысокую производительность процесса.

На рис. 73 представлена технологическая схема высокотемпературной переработки хлорсодержащих органических отходов, позволяющая существенно упростить и интенсифицировать процесс получения соляной кислоты. Отходы подают в циклонный реактор вертикального типа с нижним выпуском газов. В закрученный поток продуктов сгорания, содержащий хлористый водород, непосредственно в реактор впрыскивают воду или раствор соляной кислоты. В результате испарения продукты сгорания быстро охлаждаются до $100\text{--}120^\circ\text{C}$ и поступают на ступени абсорбции, где осуществляются конденсация паров воды, растворение в них хлористого водорода и получение соляной кислоты с концентрацией 30 %. Эксперименты на стендовом циклонном реакторе подтвердили высокую эффективность процесса огневого обезвреживания жидких отходов с последующим охлаждением в циклонном реакторе высокотемпературных газов с $1200\text{--}1300^\circ\text{C}$ до 110°C путем впрыскивания в реактор воды.

При высокотемпературной переработке отходов, содержащих менее 60 % хлора по массе (рассматривается хлор в органических или термически нестойких минеральных соединениях), в отходящих дымовых газах содержится не более 7 % по объему хлористого водорода, что не дает возможности получить ценные побочные продукты и вернуть их в производство. В этом случае осуществляется ликвидация токсичного газообразного хлористого водорода, а при огневой переработке органических соединений других галогенов, серы и фосфора ликвидация HF , HBr , HI , SO_2 , SO_3 , P_2O_5 путем нейтрализации непосредственно в циклонном реакторе присадкой щелочного реагента с получением минеральных солей NaCl , Na_2SO_4 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и др.

Недостатками этого метода, широко внедренного в практику высокотемпературной переработки отходов, является необходимость применения дорогостоящих щелочных реагентов (NaOH и Na_2CO_3). НПО "Техэнергохимпром" совместно с Институтом органической химии АН УССР предложили и экспериментально проверили процесс огневого обезвреживания жидких отходов, включающих галогенсодержащие соединения с использованием малodeфицитного дешевого нейтрализатора $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В циклонный реактор вводят щелочно-земельную присадку двумя потоками (первый поток, соответствующий стехиометрическому количеству присадки, подают в высокотемпературные продукты сгорания топлива перед вводом отходов, а второй в количестве 30—40 % стехиометрического — в газообразные продукты обезвреживания отходов с температурой $800\text{--}900^\circ\text{C}$), что позволяет полностью

нейтрализовать газообразные кислоты (HCl , HF) с получением нетоксичных солей CaCl_2 , CaF_2 с последующим их разделением в системе мокрой пылеочистки. Таким образом, можно удовлетворить потребности многих отраслей промышленности, испытывающих необходимость обезвреживания небольших количеств жидких отходов с широким спектром компонентов химического состава и любым содержанием хлорорганических соединений. Однако к сжиганию хлорсодержащих растворителей следует подходить осторожно, так как при определенных условиях ($t > 1200^\circ\text{C}$, коэффициент избытка воздуха $> 1,5$) в отходящих газах может содержаться фосген — высокотоксичный хлороксид углерода, или хлорангидрид угольной кислоты (COCl_2). Опасная для жизни концентрация этого вещества составляет 450 мг на 1 м³ воздуха.

Ниже приводятся данные о методах очистки и регенерации хлорсодержащих растворителей, не связанных с процессами сжигания (табл. 3.14).

3.14. Сравнительная характеристика методов очистки и регенерации хлорсодержащих органических растворителей

Очищаемый хлорсодержащий растворитель	Содержимые примесей в очищаемом растворителе	Методы очистки и регенерации	Эффект очистки	Недостатки метода
Хлоруглеводородные растворители	Хлористый водород, фосген, вода	Ректификация, отмывка кислотой, раствором бикарбоната натрия, карбонизированным метасиликатом кальция (оксид кальция 33,7%, двуокись кремния 36,6%), адсорбция на молекулярных ситах	Данные по качеству очищенного продукта отсутствуют	
Трихлорэтилен реактивный	Фосген, хлористый водород	Дистилляция с паром, фракционированная ректификация, обработка карбонатом калия, хлористым кальцием	То же	Трудоемкость технологического процесса
	Вода	Адсорбция на молекулярных ситах КА-34		Высокая стоимость и дефицитность сорбента
	Амины, хлориды, соединения ацетилена	Адсорбция на активированном оксиде алюминия в атмосфере азота	— " —	Требуется доочистка
	5–10% органических примесей	Фильтрация через асбестоцеллюлозный фильтр, пропитанный 0,01%-ным раствором металлов (магния, кальция, бария), $t = 85-95^\circ\text{C}$	— " —	Сложность замены фильтрующей ткани
	Продукты хлорирования	Адсорбция на активированном угле	— " —	Не обеспечивает полной очистки
	Этиленовые углеводороды, кислоты, хлор	Ионный обмен на аппарате АВ-31, обезвоживание силиката молекулярными ситами, едким натрием, калием, сульфатом натрия, калия. Отмывка 10%-ным моноэтаноламином, ректификация ($t = 100-120^\circ\text{C}$) в при-	Соответствует ГОСТ 9976-83 (1 сорт)	Многостадийность процесса

Продолжение табл. 3.14

Очищаемый хлорсодер- жащий ра- створитель	Содержимые примесей в очищае- мом ра- створителе	Методы очистки и регенерации	Эффект очистки	Недостатки метода
Трихлор- этилен отработав- ший		сутствии амино- спирта или гли- коля на колон- ке (30–50 теоре- тических тарелок)		
	Жиры, масла, кислоты	Дистилляция с паром и пред- варительной ней- трализацией	Данные по качеству отсут- ствуют	Дополнительный расход реагентов
	Полимеры	Дистилляция с паром	Степень извлече- ния очищенного растворителя 80–98%	Сложность тех- нологического процесса
	Капролактam	Обработка сер- ной кислотой 1,42 г/м ³	– ” –	Значительный расход реагентов
Четырех- хлористый углерод реактив- ный	Механические примеси, мине- ральные масла	Фильтрация через сорбент ЗП-200, многоступенча- тая дистилля- ция, адсорбция активированным углем	Высокая степень очистки	Многостадий- ность процесса
	Влага	Обработка тетрацетатом свинца (1,2 г, t = 65°С)	Содержание воды 0,01%	Использование дефицитного реагента
	Сероуглерод	Обработка спир- товым раствором едкого калия при соотноше- нии 1:1, фрак- ционированная дистилляция	Данные по качеству от- сутствуют	Многостадий- ность про- цесса, слож- ность аппа- ратурного оформления
	Хлористый водород, тя- желые ме- таллы, эти- леновые уг- леводороды	Ионный обмен на смолах, ад- сорбция на силикагеле в молекулярных ситях	– ” –	Применение дефицитных сорбентов
Метилен- хлорид- реактив- ный	Хлористый водород	Отмывка ще- лочью, дистил- ляция	– ” –	Значительный расход щелочи
	Фосген, хлор- истый во- дород	Отмывка водой, раствором соды, обезвоживание хлористым кальцием, фрак- ционированная дистилляция	Степень извлече- ния 80–98%	Многостадий- ность, сложность технологичес- кого процесса
Отработав- ший	Полимеры до 35%	Дистилляция с паром, дистил- ляция с добав- кой 0,1% гидро- хинона	Качество удовлетворитель- ное	Сложность технологичес- кого процесса

Экономическая эффективность процесса рекуперации растворителей определяется возможностью полной изоляции от окружающей среды узлов технологической аппаратуры, в которых происходит испарение растворителей, уровнем технологического совершенства и автоматизации рекуперационной установки. Такие установки созданы, например, на Серпуховском и Каунасском заводах искусственного волокна и комбинате химических волокон в г. Энгельсе. Возврат ацетона на них в производство дает экономический эффект 4,5 млн. руб/год. Рекуперация весьма токсичного сероуглерода при производстве вискозного волокна может дать экономию более 10 млн. руб., не говоря уже об оздоровлении окружающей среды.

3.10. Обработка лакокрасочных и жиросодержащих отходов

Лакокрасочные отходы. На многих предприятиях машиностроительной, судостроительной и других отраслей промышленности образуется большое количество отходов лаков, красок, эмалей, шпатлевок и

растворителей. Нанесение лакокрасочных покрытий на изделия может осуществляться электростатическими методами, распылением из пистолетов-краскопульты, окунанием и т.п.

Наиболее распространенным, но наименее экономичным пока остается ручной метод окраски с помощью краскопульты. При этом обезжиренные изделия, подвешенные на конвейер, медленно движутся через одну или несколько окрасочных камер, где на их поверхность работники напыляют краску или эмаль. Из камер в вентиляционную систему непрерывно отсасывается воздух, содержащий пары растворителей. Во избежание уноса частиц краски предусматриваются гидрофилтры — завесы из струи воды, орошающие стенки камер, причем вода одновременно предохраняет стенки от застывания краской. При этом от 20 до 50 % краски вместе с водой стекает в ванну окрасочной камеры, откуда периодически вручную загустевшая краска извлекается и вывозится на свалку, что повсеместно запрещается санитарными органами.

Наиболее перспективным направлением утилизации отходов краски и грунтовок является их регенерация. Харьковским НИИ НПО "Лакокраскокрытие" проведены исследования и разработана технология регенерации отходов эмали АС -182 желтой, грунтовок ФЛ -ОЗК и их смесей. Технологическая схема регенерации представлена на рис. 74.

Отходы лакокрасочных материалов после очистки ванн гидрофилтров собирают в контейнеры и доставляют к участку переработки заводским автотранспортом. При необходимости хранения сырья его заливают водой. После подготовки сырья приготавливают замес. Отходы эмали (грунтовок) загружают в

смеситель опрокидыванием контейнера при помощи тельфера.

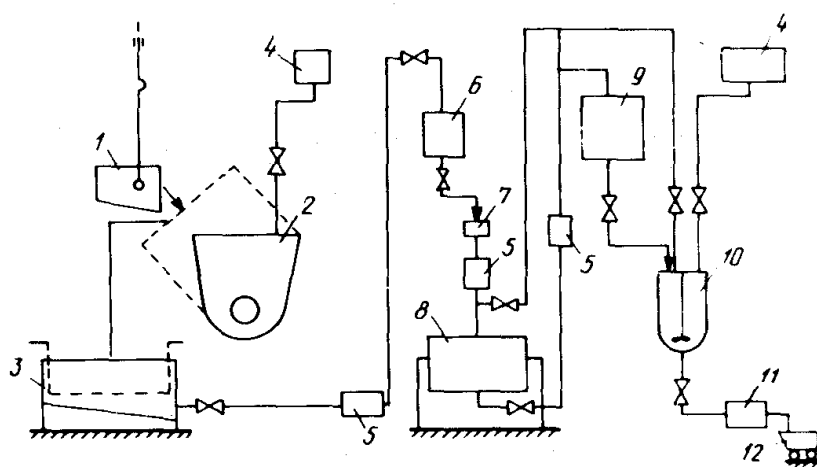


Рис. 74. Схема технологического процесса переработки отходов эмали АС-182 и грунтовок ФЛ-ОЗК
1 - контейнер; 2 - смеситель;
3 - фильтр грубой очистки;
4 - мерник; 5 - насосы;
6 - диссольвер; 7 - сетчатый фильтр; 8 - шаровая мельница;
9 - бисерная мельница;
10 - вертикальный аппарат с перемешивающим устройством; 11 - фильтр

тонкой очистки; 12 - тара

Растворитель в заданном соотношении с количеством отходов поступает в смеситель самотеком из мерника. В смесителе отходы эмали (грунтовок) выдерживают с растворителем для набухания; при этом смесь периодически перемешивается шнековым мешателем до получения однородной массы. Продолжительность набухания зависит от консистенции отходов, время перемешивания 4—5 ч.

Из смесителя масса сливается в сборник через фильтр грубой очистки с размером ячеек сетки 10х10 мм. Очищенная от посторонних включений и нерастворившихся пленок смесь перекачивается в диссольвер (смеситель с высокоскоростным дискофрезерным мешателем) для ее предварительного диспергирования в течение 2—3 ч. Затем полученную суспензию фильтруют через сетку с размером ячеек 1 мм².

Из диссольвера суспензия насосом перекачивается в шаровую мельницу и диспергируется в течение 4—8 ч. Затем проверяют степень перетира сырья по прибору "Клин". При дисперсности полученной массы не более 90 мкм суспензия из шаровой мельницы направляется в смеситель, массу разбавляют до необходимой вязкости, фильтруют фильтром тонкой очистки и расфасовывают. Если дисперсность полученной массы более 90 мкм, то ее насосом перекачивают в бисерную машину для перетира, где производится перетир суспензии в течение 3—4 ч до получения заданной дисперсности. Перетертая масса подается в вертикальный смеситель с пропеллерной мешалкой.

Из мерника в смеситель подается растворитель (сольвент, ксилол), где осуществляется перемешивание смеси до получения заданной вязкости.

По окончании перемешивания приготовленный лакокрасочный материал насосом перекачивают через фильтр тонкой очистки в тару. Бидоны с регенерированной краской взвешивают, пломбируют, на них наклеивают этикетки и готовую Продукцию вывозят на складские площадки.

В табл. 3.15 приведена сравнительная характеристика серийных и регенерированных лакокрасочных материалов.

Регенерированная эмаль может быть использована для окраски различных видов промышленной продукции с пониженными требованиями к декоративным характеристикам, а также для промежуточных слоев покрытий. Регенерированную грунтовку можно использовать по первоначальному назначению аналогично исходному материалу.

Близкая к описанной по технологии регенерационная установка разработана и внедрена на Запорожском заводе "Коммунар". В технологическую схему входят узлы обезвоживания, измельчения краски, смешения ее с растворителем, фильтрации. Регенерированная краска с успехом применяется для грунтовки деталей, окраски второстепенных и хозяйственных изделий и т.п. При наличии в краске масел или смазок этот метод непригоден. Вызывает интерес разработанная МосводоканалНИИпроект для одного из подмосковных заводов схема совместного сжигания жидких, твердых и пастообразных отходов. На этом заводе ежедневно образуется до 1500 кг лакокрасочных отходов (эмали НЦ-262, МЛ-197, МЛ -12, МП -277, грунтовки ГФ -0119, шпатлевки КФ -003, ГФ -0015 и др.). Кроме того, переходят в отходы 570 кг/сут растворителей и другие ЛВЖ, а также собирается до 140 кг/сут твердых отходов (промасленная ветошь, пластмасса, упаковочные материалы и пр.).

3.15. Сравнительная характеристика серийных и регенерированных лакокрасочных материалов

Показатель	Эмаль АС-182 желтая		Грунтовка ФЛ – ОЗК	
	Серийная	Регенерированная	Серийная	Регенерированная
Цвет пленки	Желтый	Желтый, оттенок не нормируется	Коричневый, оттенок не нормируется	Коричневый, оттенок не нормируется
Внешний вид пленки	Гладкая, однородная, глянцевая без морщин и посторонних включений	Однородная без морщин, имеет незначительные включения	Ровная, однородная, матовая или полуглянцевая	Ровная, однородная, матовая
Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 при t 20°C, Ст	80–160	40	Не менее 40	50
Блеск пленки по фотоэлектрическому блескомеру, %	Не менее 50	40	—	—
Массовая доля нелетучих веществ, %	52–58	38,2	58–66	60
Степень перетира, мкм	—	90	Не более 40	60
Урывистость высушенной пленки, г/м²	Не более 100	60	—	—
Прочность пленки при ударе, см	Не более 50	50	Не менее 50	50

По предложенной схеме твердые и пастообразные отходы отдельно собираются в специализированные контейнеры, доставляются на место обезвреживания и поочередно загружаются в башенную печь с вращающейся лопастью. Жидкие горючие отходы сжигаются в расположенной рядом установке, причем тепло от их сгорания используется для дожига недогоревших газо- и сажеобразных продуктов, отходящих из башенной печи. При необходимости установка может быть снабжена утилизатором тепла (например, воздухо- или водонагревателем).

Жиродержащие отходы. Отходы животных жиров образуются на мясокомбинатах, шерстомойных фабриках и т.п. Производственные стоки мясокомбинатов являются сложными по физико-химическому составу: они содержат в большом количестве жир, белки, частицы мяса и костей, канугу, шерсть, поваренную соль и другие органические и неорганические вещества в виде макровзвеси, коллоидных и растворенных примесей.

Показатели поступающих, например, на Московский мясокомбинат стоков следующие: жиров — до 2300 мг/л, белков — до 2000 мг/л, взвешенных частиц (веществ) -- до 3000 мг/л, БПК₅ - до 1500 мг/л. ХПК - до 8800 мг/02/л. Количество отделяемого в отстойниках жира составляет примерно 40 %, и около 1000 мг/л жира сбрасывалось до постройки новых очистных сооружений в канализацию. Известно, что жир,

извлеченный из сточных вод, может быть ценным сырьем для производства смазок, жирных кислот, мыла и т.п.

Значительно повысить выход жира, интенсифицировать и улучшить качество стоков можно, применяя, например, методы электрофлотации и напорной флотации и др. Однако поскольку стоки цехов мясокомбинатов обычно смешиваются, жир в относительно чистом виде выделить не удастся, за исключением колбасных комбинатов, шерстомойных фабрик и некоторых других предприятий. Полученный пастообразный флотоконцентрат содержит большое количество трудно отделяемых механических примесей в виде шерсти, каныги и других твердых примесей. Эти отходы обычно сбрасываются на свалки и гниют, загрязняя воздушный бассейн.

Московским технологическим институтом мясной и молочной промышленности разработан способ получения кормовых дрожжей из жирового флотоконцентрата сточных вод мясокомбинатов. По этому способу разбавленный флотоконцентрат подается в специальный обогреваемый реактор, в который добавляется штамм белковых дрожжей. После брожения происходит отделение твердых веществ на ситах, центрифугирование образовавшейся белковой жидкости и ее последующая сушка с получением порошкообразного белкового концентрата.

На Останкинском мясокомбинате успешно опробован способ ликвидации жировых отходов с помощью специально выведенных мутантов -- бескрылых насекомых, которые потом используются в рыбохозяйственных и других целях.

Если же имеется возможность выделить жир в чистом виде, то его перетапливают, отделяя от воды, а затем направляют на переработку и утилизацию. При невозможности полезного использования жировых отходов их рекомендуется сжигать, например, на специально переоборудованных установках "Вихрь -I".

3.11. Обезвреживание и утилизация отходов фенола

В процессе производства пластмасс, салициловой и пикриновой кислот, ПАВ, присадок к маслам и бензинам и т.п. образуются отходы фенола (C_6H_5OH). Фенол получают из каменноугольного дегтя и синтетически. Он является токсичным веществом, при попадании на кожу вызывает ожоги;

предельно допустимая концентрация его в воздухе 5 мг/м^3 , в сточных водах $1\text{--}2 \text{ мг/м}^3$. Фенол служит основным сырьем при получении фенолформальдегидных пластмасс. Отходами производства являются фенольная смола и фенольная вода. Образование фенольной смолы идет на стадии кислотного разложения гидроперекиси изопропилбензола на фенол и ацетон.

Фенольная смола является кубовым остатком после дистилляции продуктов разложения гидроперекиси кумола. При температуре свыше 50°C представляет собой подвижную массу темного цвета. Примерный состав (% по массе): фенол -- 6-17; ацетофенон -- 6-16; сложный фенол -- 22-39; димер альфа-метилстирола -- 20-30; диметилфенилкарбинол -- 1-13; тяжелый остаток -- 7-28; альфа-метилстирол -- 1-3. Норма образования фенольной смолы -- 130 кг/т фенола. В настоящее время в промышленности известны два основных направления использования фенольной смолы:

в качестве добавки к топочному маслу на сланцеперерабатывающих комбинатах. Топочное масло в данном случае используется как котельное топливо, при этом сжигаются все ценные компоненты, содержащиеся в смоле: фенол, изопропилбензол, альфаметилпиррол, ацетон;

прямое использование фенольной смолы, которое позволяет полностью, без остатка использовать смолу взамен дефицитного сырья -- фенола -- без дополнительных капитальных вложений. В настоящее время фенольную смолу непосредственно используют в производстве двух марок фенолформальдегидных смол N 18 и N 236, идущих на изготовление фе-нопластов. Общая потребность в фенольной смоле по стране составляет 1,5 тыс. т/год.

При производстве фенолформальдегидных смол фенольную смолу предварительно разжижают фенолом, подогревают до 40°C и затем подают в реактор с мешалкой. Обогрев ведется через рубашку аппарата. Согласно рецептуре, которую составляют отдельно для каждой марки фенолформальдегидной смолы, в емкость загружают нужные компоненты и массу все время перемешивают пока идет реакция и во время сушки, которая осуществляется в том же аппарате. По окончании процесса подслоная вода, представляющая собой отход производства, сливается, продукт -- фенолформальдегидную смолу используют для получения пресс-порошков или текстолита.

К числу перспективных разработок по утилизации фенольной смолы относятся термическая деструкция и гидрогенизационный метод. Метод термической деструкции разработан и проведен на опытной установке. В результате процесса термической деструкции в реакторе-разлагателе, где температурный режим обеспечивается теплоносителем, дополнительно образуются фенол, альфа-метилстирол, изопропилбензол. Образовавшийся в процессе последующей ректификации кубовый остаток направляется в рецикл и частично выводится из процесса, предварительно смешиваясь с разбавителем. Разбавленный остаток направляется на сжигание.

Гидрогенизационный метод переработки фенольной смолы разработан Институтом горных ископаемых (ИГИ, Москва) и также проверен на опытной установке. Метод гидрирования фенольной смолы на алюмокобальтмолибденовом катализаторе состоит из стадий обессоливания, гидрирования, разделения продуктов гидрирования. Этот метод позволяет превращать все побочные продукты, входящие в состав фенольной смолы, в целевые продукты: ацетофенон -- в этилбензол; диметилфенилкарбинол и димеральфа-метилстирол -- в изопропилбензол; сложный фенол -- в фенол и изопропилбензол.

Фенольная вода -- это сточная вода при производстве фенола она содержит, %: фенола -- 6--7, ацетона -- до 0,5, фенолятов -- до 5. Норма образования фенольных сточных вод на предприятиях составляет 200--300 кг на 1 т полученного фенола.

На предприятиях извлекают фенол из сточных вод, для чего используется преимущественно экстракционный метод, включающий следующие основные стадии: серно-кислотное разложение щелочных фенольных стоков, экстракцию фенола диизопропиловым эфиром или углеводородной фракцией, очистку остаточного экстрагента из обесфеноленных вод и регенерацию отработанного экстрагента. Экстракция диизопропиловым эфиром обеспечивает очистку сточных вод от фенола на 99,9 % (остаточное содержание фенола в очищенной воде 150-200 мг/л).

При экстракции углеводородной фракции остаточное содержание фенола в очищенных стоках достигает 2000 мг/л. Экстракционный способ очистки сточных вод от фенола позволяет вернуть в производство от 0,5 до 3 тыс. т фенола в год, в зависимости от применяемого экстрагента и мощности производства.

3.12. Утилизация тепловых отходов

Одними из массовых видов ПО являются тепловые выбросы в атмосферу и воду из промышленных печей, теплоэнергетических установок, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, систем охлаждения и пр. Тепловые выбросы бывают жидкие и газообразные. С одной стороны, они являются огромным источником вторичных энергоресурсов, с другой стороны, отрицательно влияют на атмосферные процессы и климат регионов, изменяют биоценоз в водоемах и т.д.

В топках котлов ТЭЦ, домнах, промышленных печах и пр. ежедневно сжигаются сотни тысяч тонн твердого и жидкого топлива, миллионы кубических метров природного и вторичного газа. Современная техника еще не достигла такого уровня, чтобы с экономической выгодой использовать тепло от крупных источников теплового загрязнения атмосферы. Однако вполне возможно уже сейчас использовать вторичные энергетические ресурсы, скрытые в газах, отходящих от отопительных систем, систем вентиляции, охлаждения и кондиционирования, сбрасываемых водой ТЭЦ, канализационных стоков и т.д.

Международной корпорацией по научным исследованиям и технологии собран материал об объеме остаточных продуктов производства в мире по состоянию на 1970 г. и дан прогноз на 2000 г. Согласно этому, общий объем сбрасываемой воды, повышающей температуру окружающей среды примерно на 10°C в 1970 г. составлял 1600 млрд. м³, а к 2000 г. он достигнет 5800 млрд. м³.

Теплоутилизационные установки, предназначенные для восприятия тепловой энергии из тепловых выбросов, можно разделить на два вида: тепловые насосы, обеспечивающие увеличение потенциала рабочего вещества, и теплоутилизаторы -- теплообменники непосредственного действия. Теплоутилизаторы-теплообменники могут использоваться только в том случае, если потенциал тепловых выбросов выше потенциала той среды, которой передается тепловая энергия. Существуют различные классификации теплоутилизаторов-теплообменников. По наиболее распространенной они подразделяются на следующие три группы:

теплоутилизаторы с промежуточным теплоносителем;

регенеративные теплоутилизаторы;

воздуховоздушные (воздухожидкостные) рекуперативные теплоутилизаторы.

При всем многообразии конструктивных решений утилизаторов тепла вторичных энергоресурсов в каждом из них имеются следующие элементы: среда — источник тепловой энергии; среда — потребитель тепловой энергии; теплоприемник — теплообменник, воспринимающий тепло от источника; теплопередатчик-теплообменник, передающий тепловую энергию потребителю; рабочее вещество, транспортирующее тепловую энергию от источника к потребителю. В регенеративных и воздуховоздушных (воздухожидкостных) рекуперативных теплоутилизаторах рабочим веществом являются сами теплообменивающиеся среды.

Теплоутилизационные методы и установки подробно описаны в специальной литературе, поэтому ниже кратко упоминаются основные из них.

Тепловые насосы являются преобразователями тепловой энергии, в которых обеспечивается повышение ее потенциала (температуры). Они бывают трех видов: компрессионные, сорбционные и термоэлектрические. Принцип работы компрессионных тепловых насосов основан на последовательном осуществлении процессов расширения и сжатия рабочего вещества. Тепловые насосы этого вида подразделяют на воздушно-компрессионные и парокомпрессионные.

Принцип работы сорбционных тепловых насосов основан на последовательном осуществлении термохимических процессов поглощения (сорбции) рабочего агента соответствующим сорбентом (отдача тепла), а затем выделения (десорбции) рабочего агента из сорбента (поглощение тепла). Сорбционные установки делят на абсорбционные (объемное поглощение) и адсорбционные (поверхностное поглощение).

Термоэлектрические тепловые насосы основаны на эффекте Пельтье, связанном с выделением и поглощением тепла в спаях материалов при прохождении через них электрического тока. Выполненная Техническим международным комитетом по тепловым насосам экспертная оценка перспектив развития теплонасосной техники показала, что основным типом намечаемых к внедрению теплонасосных систем являются компрессионные.

В компрессионном тепловом насосе компрессор засасывает из испарителя пары рабочего вещества, сжимает их и подает в конденсатор. Процесс сжатия в компрессоре сопровождается увеличением температуры и давления паров. В конденсаторе происходит конденсация паров рабочего вещества и выделение теплоты конденсации, которая должна быть отведена. Из конденсатора рабочее вещество,

находящееся в жидком состоянии, поступает через регулирующий вентиль, уменьшающий давление, в испаритель, где происходит испарение жидкости. Тепловые насосы могут использовать в качестве источника тепловой энергии воду или воздух и передавать теплоту воде (водо-водяные или воздухо-водяные) либо воздуху (воздушные или воздухо-воздушные). В системах отопления и вентиляции широко применяют воздухо-воздушные тепловые насосы.

В качестве источника тепловой энергии возможно использование вытяжного воздуха, отработанной воды системы горячего водоснабжения, промышленных и бытовых сточных вод и т.п.

Установки с промежуточным теплоносителем — наиболее широко распространенный вид теплоутилизаторов в системах преобразования тепловой энергии. Их применяют в системах с непосредственной передачей тепла, с тепловыми насосами и многих других.

В зависимости от вида используемого теплообменника теплоутилизаторы могут быть рекуперативного или контактного типа. Возможны варианты, когда в одном канале теплоноситель непосредственно контактирует с теплообмениваемой средой, а в другом -- используется рекуператорный теплообменник.

Теплоутилизаторы с промежуточным теплоносителем могут работать в области однофазной жидкости, а также в области влажного пара. В качестве однофазной жидкости обычно применяют воду либо другие жидкости, не замерзающие в рабочем диапазоне температур. В качестве жидкостей, обеспечивающих работу теплоутилизаторов в области влажного пара, используют хладоны, водяной пар, аммиак, а также растворы (водоаммиачные, бромистолитиевые и т.д.).

Широкое применение в установках утилизации тепла удаляемого воздуха получили регенеративные аппараты вращающегося и переключающегося типов, в которых передача тепла осуществляется аккумулирующей массой, находящейся последовательно в потоках теплого и холодного воздуха.

Вращающиеся регенераторы состоят из аккумулирующей массы насадки, электродвигателя с редуктором, приводящим во вращение насадку, и продувочной камеры. Насадка может быть образована пластинами разной конфигурации, сетками, шариками, стружкой и т.д.

Продувочная камера предназначена для очистки поверхности насадки при переходе ее из удаляемого воздуха в приточный. Вращающиеся регенераторы бывают несорбирующие и сорбирующие. В сорбирующих регенераторах аккумулирующая масса из капиллярнопористого материала (асбестокартона, технического капрона и т.п.) пропитана сорбентом (хлористым литием, бромистым литием и т.д.), обеспечивающим поглощение влаги из удаляемого воздуха и передачу ее в процессе десорбции приточному воздуху.

В переключающихся регенераторах насадка неподвижна и последовательно омывается теплым и холодным воздухом.

Одним из перспективных направлений использования вторичных энергоресурсов в городском хозяйстве является использование тепла бытовых и промышленных сточных вод, сбрасываемых тепловых вод ТЭЦ для плавления снега. В Москве оборудовано несколько крупных снегоприемных пунктов на канализационных коллекторах, обслуживающих крупные транспортные магистрали города. Убранный снег автосамосвалами доставляется на эти пункты и сбрасывается через решетки в коллектор. Сточная вода, содержание в которой про-мстоков составляет 40 %, имеет температуру +15°C, что обеспечивает надежное и эффективное плавление снега. Очистка талых вод осуществляется на станциях аэрации.

ГЛАВА 4. ОБРАБОТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

4.1. Общие сведения.....	139
4.2. Классификация нефтесодержащих отходов и загрязнений.....	139
4.3. Механическое обезвреживание нефтесодержащих осадков и жидких нефтеотходов из очистных сооружений.....	140
4.4. Сжигание жидких нефтеотходов.....	142
4.5. Термическое обезвреживание нефтесодержащих осадков и шламов.....	146
4.6. Химическая обработка нефтесодержащих отходов.....	147
4.7. Биологическая обработка нефтесодержащих отходов.....	149
4.8. Утилизация нефтеотходов в промышленности строительных материалов, на транспорте и в народном хозяйстве.....	152
4.9. Основные методы регенерации отработанных минеральных масел.....	153
4.10. Обработка смазочно-охлаждающих жидкостей и масляных эмульсий.....	155
4.11. Обработка и утилизация кислых гудронов.....	159
4.12. Обработка шламов нефтеперерабатывающих заводов.....	164
4.13. Обезвреживание отходов нефтехимических производств и кубовых остатков.....	165

4.1. Общие сведения

В общей массе токсичных отходов промышленного производства значительную часть составляют производные нефти. Нефть -- это жидкое горючее ископаемое, основу которого составляют углеводороды, кислородные, сернистые и некоторые другие соединения. Нефть является одним из основных источников энергии и одним из главных сырьевых ресурсов химической промышленности. Ее добыча постоянно растет. Специалистами подсчитано, что к 2000 году в мире будет добываться от 3 до 5 млрд. т нефти в год. С другой стороны, нефть и получаемые из нее нефтепродукты в конце технологического цикла за вычетом топлива и готовой продукции превращаются в отходы. Нефтесодержащие отходы и потери нефтепродуктов в количественном и качественном отношении являются одними из основных загрязнителей окружающей среды -- водоемов, почвы и воздуха.

На пути от нефтеперерабатывающего завода до потребителя имеют место потери от испарения, утечек, проливов, разбрызгивания, неполноты слива нефтеналивных судов, железнодорожных и автомобильных цистерн, смешения, обводнения, зачистки, аварий. Таким образом, часть свежих нефтепродуктов, не пройдя еще стадию технологического использования, переходит в отходы.

Во многих крупных городах развитых стран сосредоточены предприятия машиностроительной, химической, металлургической, электротехнической, нефтеперерабатывающей, судостроительной, пищевой и других отраслей промышленности, потребляющих нефтепродукты и растворители в виде топлива, смазочных масел, консистентных смазок, промывочных жидкостей и т.п. На этих предприятиях образуется большое количество нефтесодержащих отходов, а также сточных вод, содержащих нефтепродукты. В США потери нефтепродуктов при транспортировании и в технологических циклах предприятий, например, распределяются следующим образом, %:

Двигатели внутреннего сгорания	38,1
Промышленные механизмы	27,3
Прибрежные танкеры.....	11,2
Остальные типы судов	10,8
Нефтезаводы и нефтехимические предприятия	6,3
Случайные проливы	4,2
Операции по промывке танкеров вдали от берега	2,1

Таким образом, около 65 % общего сброса нефтепродуктов в окружающую среду составляют сбросы от промышленных механизмов и транспортных средств. Кроме неизбежных технологических потерь (угар в двигателях внутреннего сгорания, унос со стружкой, испарение и т.п.), имеют место потери, которые можно и нужно избежать благодаря повышению технологической дисциплины. Например, многие годы у нас в стране на предприятиях и на транспорте моют и обезжиривают детали горючими жидкостями - бензином, керосином,

ацетоном и т.п., т.е. жидкостями, совершенно не предназначенными для этих целей. Помимо потерь ценных нефтепродуктов это являлось еще причиной немалого количества пожаров. В результате усилий государственного пожарного надзора СССР по замене легковоспламеняющихся жидкостей на пожаробезопасные технические моющие средства удалось добиться высвобождения 945 тыс. т нефтепродуктов более чем на 73 тысячах участков и цехов, однако в масштабах страны в этом отношении имеются еще значительные резервы.

Большинство отечественных предприятий имеет локальные очистные сооружения. При очистке воды на них выделяется большое количество нефтесодержащих осадков и жидких нефтеотходов. Значительная часть сточных вод, содержащая нефтепродукты, попадает в городскую канализацию. Нефтепродукты отрицательно влияют на режим работы биологических станций аэрации. Присутствие нефтепродуктов, особенно ЛВЖ в канализационных коллекторах, создает опасность взрыва и разрушения как коллекторов,

так и перекачивающих насосных станций.

Содержание нефтепродуктов в сточных водах предприятий, поступающих в городскую канализацию, во многих случаях достигает 50–100 мг/л (машиностроительные, металлургические заводы), а иногда доходит до нескольких сотен мг/л (авто и вагоноремонтные предприятия, заводы железобетонных изделий, автомобильные хозяйства). В общем, содержание нефтепродуктов в сточных водах, поступающих, например, на московские станции аэрации, колеблется в пределах 3–13,7 мг/л, в сточных водах после биологической очистки — в пределах 0,3–1,7 мг/л. Эффективность удаления нефтепродуктов на станциях в целом составляет 80–97 %.

Многолетняя практика работы станций аэрации показывает, что значительные трудности в эксплуатации очистных сооружений возникают из-за периодических поступлений со сточными водами больших количеств нефтепродуктов и жиров. Работа ряда станций неоднократно нарушается из-за "залповых" сбросов нефтепродуктов.

Большое количество нефтепродуктов поступает с **ливневыми** водами. Они смывают с уличных покрытий и с территорий промышленных предприятий пыль, сор, пролитые нефтепродукты, конденсат выхлопных газов автотранспорта и др. В результате происходит загрязнение донных отложений водоемов, которое суммируется с загрязнениями от поступающих туда промышленных сточных вод и неконтролируемых сбросов отходов.

Зимой в водоемы городов большое количество нефтепродуктов поступает со сбрасываемым снегом, загрязнение которого нефтепродуктами составляет 0,3–0,6 кг/м³, а взвешенными веществами — 1,25–12 кг/м³, что помимо загрязнения воды способствует образованию нефтесодержащих донных отложений. Содержание нефтепродуктов в этих отложениях, например в р. Москве, возрастает в черте города с 0,5–1 мг/г до 64 мг/г сухого вещества.

В настоящее время около 25 % воды московского водопровода подается через городскую водопроводную сеть на технологические нужды, в том числе на мойку автомобилей, автоагрегатов, автобусов, трамваев, электропоездов и т.п. На мойку автомобилей только в управлении Мосавтолегтранс расходуется ежегодно 2,7 млн. м³ воды, а за год по автохозяйствам и автопредприятиям города расход составляет до 503 млн. м³. Образующиеся сточные воды сильно загрязнены нефтепродуктами и механическими примесями. Расчетная степень загрязненности при проектировании очистных сооружений для производственных сточных вод составляет по нефтепродуктам до 800 мг/л, по взвешенным веществам — 1200 мг/л. Для ливневых вод те же значения соответствуют 200 и 2150 мг/л (СНиП II-93-74).

Одной из главных причин загрязнения водоемов, рек и почвы нефтепродуктами является отсутствие возможности их утилизации и обезвреживания, в результате чего однажды задержанные на очистных сооружениях нефтеотходы тем или иным путем вновь попадают в канализацию и водоемы, приводя к бессмысленной трате огромных государственных средств.

В данной главе описываются некоторые пути рациональной обработки и обезвреживания нефтесодержащих отходов и загрязнений.

4.2. Классификация нефтесодержащих отходов и загрязнений

Нефтесодержащие отходы и загрязнения относятся к токсичным ПО органического происхождения с возможными минеральными примесями. Они могут быть горючими (жидкие горючие отходы), негорючими или ограниченно горючими (нефешламы, осадки из очистных сооружений, мазутная земля и т.п.). Одним из самых крупных источников загрязнения окружающей среды являются жидкие отходы. Под жидкими горючими отходами имеются в виду продукты углеводородного состава, отработавшие в технологическом цикле, с ухудшенными вследствие этого физико-химическими свойствами, способные гореть самостоятельно или в смеси с дополнительным топливом.

Анализ материалов московского управления Главнефтеснаба РСФСР, проведенный МосводоканалНИИпроектом показал, что промышленные и транспортные предприятия потребляют до двухсот различных наименований свежих нефтепродуктов.

С точки зрения образования нефтеотходов, эту номенклатуру нефтепродуктов можно разбить на три основные группы:

- 1) горючие материалы — авиационный, автомобильный бензин, осветительный керосин, дизельные топлива, котельные топлива, моторные топлива и т.д.;
- 2) смазочные материалы — консистентные смазки, индустриальные масла, моторные масла и т.д.
- 3) промывочные жидкости — технический керосин, бензин-калоша, уайт-спирит и т.д.

Первая группа нефтепродуктов образует отходы в процессе транспортирования, хранения, проливов, нерационального использования в качестве промывочных жидкостей и т.д. Нефтепродукты, относящиеся к третьей группе, практически полностью переходят в нефтеотходы. Сложнее обстоит вопрос с использованием нефтепродуктов второй группы. При использовании смазочных материалов имеют место их безвозвратные потери за счет сгорания в двигателях, испарения, пролива и т.п., причем размеры потерь для каждого продукта различны, и в среднем составляют 50 %. Так, безвозвратные потери моторных масел в двигателях достигают 70–90 %, а потери индустриальных масел составляют 10–12 %, причем эта величина в большой степени зависит от технического уровня предприятий.

Часть нефтеотходов собирается в установленном порядке предприятиями Главнефтеснаба и регенерируется, другая, в силу своих физико-химических свойств, почти никак не используется и не утилизируется. Негенерируемые отходы являются опасными загрязнителями окружающей среды. Они образуются двумя путями (если исключить потери при транспортировании и хранении): непосредственно в технологическом цикле предприятия и при очистке промышленных и ливневых вод, составляя по консистенции две категории --жидкие нефтеотходы и нефтесодержащие осадки и шламы.

Нефтеотходы, образующиеся из свежих нефтепродуктов и попадающие в сточные воды или собираемые в плановом порядке на предприятиях, часто сильно различаются по свойствам, что отражается на методах их обработки, влияет на состав образующегося осадка. Различные способы обработки промышленных сточных вод (реагентный-безреагентный), состав сточных вод, который является более сложным на крупных предприятиях со многими технологическими процессами по сравнению, например, с ливневыми и моечными водами, также влияют на свойства соответствующих осадков и отходов. Поэтому для облегчения выбора метода предварительной обработки и последующего обезвреживания нефтеотходов необходима их классификация.

В основу классификации положены такие категории, как теплота сгорания, происхождение, влажность осадков, Жидких нефтеотходов и загрязнений, их способность к механическому обезвреживанию. К нефтеотходам здесь условно отнесены некоторые ПО не нефтяного происхождения (жиры, клеи, лаки, краски, некоторые растворители и т.п.), теплофизические свойства которых и методы конечной обработки близки к нефтеотходам. В связи с этим представляется целесообразным распределить все нефтеотходы и некоторые другие органические вещества на пять категорий (табл. 4.1). Каждая категория при этом разделена на группы, отражающие характер и происхождение отходов (всего 14 групп).

4.1. Классификация нефтесодержащих и близких к ним отходов

Категория отходов	Происхождение отходов и их разделение по группам	Начальное фазовое состояние
I – отходы без-реагентной обработки нефтесодержащих сточных вод	1. Нефтесодержащие осадки из очистных сооружений	Полужидкое, влажность 85–97%
	2. Жидкие нефтеотходы из очистных сооружений	Жидкое, влажность до 75%
	3. Шламы из прудов шламонакопителей НПЗ	Полужидкое, влажность до 75%
	4. Верхний слой из прудов-шламонакопителей НПЗ	Жидкое, влажность 85,5–91%
	5. Нефтесодержащие осадки из кустовых очистных сооружений и очистных сооружений крупных предприятий	Полужидкое, влажность 80–87,5%
II – отходы реагентной обработки нефтесодержащих сточных вод	6. Жидкие нефтеотходы из кустовых очистных сооружений и очистных сооружений крупных предприятий	Жидкое, влажность до 75%
III – отходы ЛВЖ и продуктов на их основе	7. Растворители и промывные жидкости (бензин-кантоша, толуол и др.)	Жидкое, содержание воды от 0 до 50%
	8. Отходы лаков, нитрокрасок, эмалей и пр.	До пастообразного, содержание пигментов до 20%
IV – отходы трудноразделяемых нефтесодержащих и др. органических жидкостей и паст	9. Эмульсии, концентраты станочных эмульсий типа СП-3, ИПХ-45Э, ЭТ-2 и т.д.	Жидкое, содержание масел 140–460 г/л
	10. Продукты обработки высококонцентрированных растворов на основе "Лабомиды" и другие СПАВ	Жидкое
	11. Флотоконцентраты, в т.ч. кустовых очистных сооружений	Пастообразное, содержание нефтепродуктов – 30%, воды – до 60%, мехпримесей – до 10%
V – прочие жидкие и полужидкие нефтесодержащие и т.п. отходы	12. Не принимаемые в регенерацию масла, продукты зачистки нефтяных и мазутных резервуаров	Жидкое, полужидкое
	13. Жировые отходы, кубовые остатки и др.	Полужидкое (до пастообразного)
	14. Кислые гудроны и прочее	

К первой категории относится большинство осадков и жидких нефтеотходов,

задерживаемых на очистных сооружениях мелких и средних предприятий, и некоторые другие отходы,

например шламы из прудов — шламонакопителей нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), верхний слой из этих прудов и т.д. В процессе очистки сточных вод здесь обычно не применяют реагенты, и отходы относительно хорошо отдают воду при гравитационном уплотнении.

Специфика второй категории отходов заключается в том, что из-за усложненного состава сточных вод для их очистки применяют реагенты: $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$, полиакрила-мид и т.п., придающие осадку, отчасти свойства геля. Многокомпонентность всплывающих нефтеотходов приводит к ухудшению их расслаивания.

К третьей категории относятся ЛВЖ и продукты на их основе (описаны в п.3.9).

Отходы четвертой категории (эмульсии, флотоконцентраты и пр.) отличаются от других тем, что они практически не обезвоживаются механическим путем и содержат мало горючих компонентов.

К пятой категории отнесены прочие нефтеотходы, в том числе требующие специфических методов обработки, например, кислые гудроны.

4.3. Механическое обезвоживание нефтесодержащих осадков и жидких нефтеотходов из очистных сооружений

С целью уменьшения объема при складировании и повышения эффективности сжигания механическое обезвоживание нефтесодержащих загрязнений, уловленных на локальных очистных сооружениях промышленных и автотранспортных предприятий, может осуществляться экстенсивными и интенсивными методами. Экстенсивные методы применяют при обезвоживании в различного рода уплотнителях и разделочных резервуарах, интенсивное же сгущение и обезвоживание производится при помощи фильтрования, гидроциклонирования, центрифугирования и т.п. Процессы, происходящие при обезвоживании этими методами, кратко описаны в гл. 2.

Проведенные в МосводоканалНИИпроект исследования кинетики уплотнения и отстаивания показали, что осадки и жидкие нефтеотходы I категории хорошо отстаиваются и уплотняются (рис. 75). За 1 ч объем осадка уменьшается почти до 65 %, а влажность жидких нефтеотходов может быть уменьшена с 55 до 25 %; в бункере-уплотнителе за счет сочетания уплотнения и дренирования, объем осадка, содержащего, в основном, песок, может быть уменьшен до 40 %. Растворители отстаиваются за 30–40 мин. 96 % всех механических частиц осаждаются со скоростью не менее 0,22 мм/с.

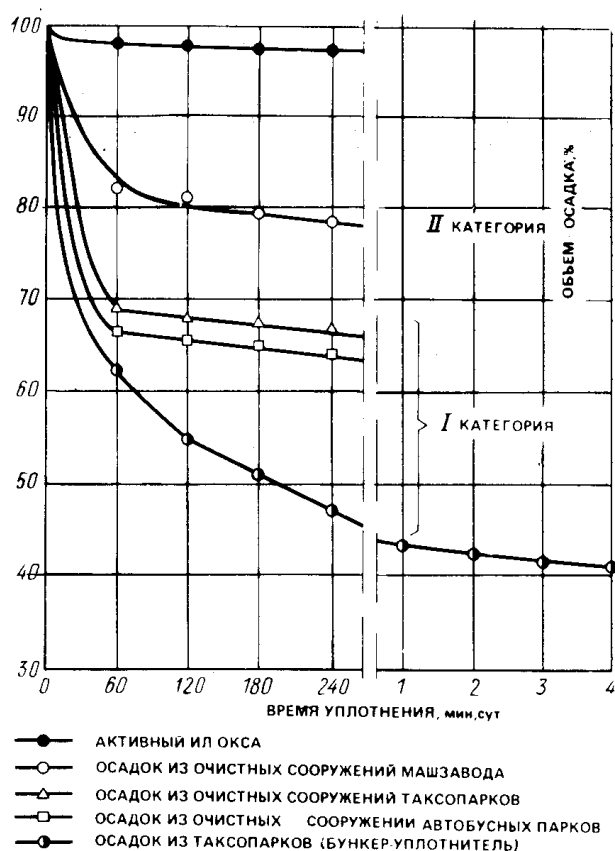


Рис. 75. Кинетика уплотнения осадков из очистных сооружений

Данные качественных характеристик отстойной воды и осадков после уплотнения в течение 1 ч приведены в табл. 4.2.

В отстойной воде остается до 0,06–0,7 % органических примесей и мелкодисперсной взвеси, которые нельзя выделить полностью механическими способами.

Жидкие нефтеотходы, собранные с поверхностей традиционных

отстойников из установок типа "Кристалл", "Полимер" и др. за 6–12 ч отстаивания обезвоживаются почти до возможного при данном способе предела. Их влажность снижается с 55 до 20–25 % (рис. 76), причем подогрев до 60–65°C повышает эффективность отстаивания более чем на 40 %. Подогрев до более

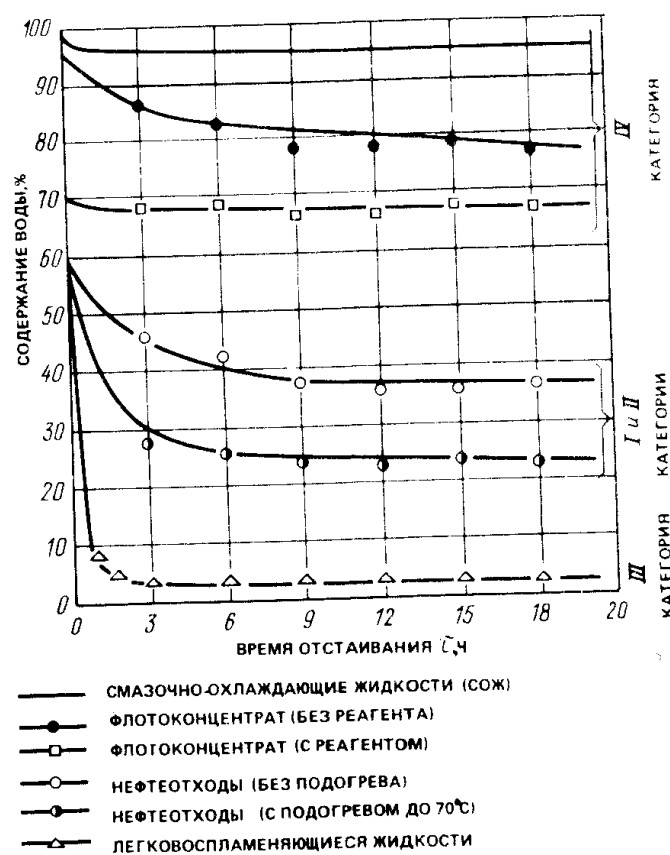
высоких температур нецелесообразен из-за возникновения конвективных потоков, ведущих к перемешиванию разделенных сред.

Из-за разной плотности ЛВЖ, нерастворимых в воде, и воды их разделение происходит в течение нескольких минут. В основном продукте практически не содержится воды.

4.2. Качественная характеристика воды и осадка, г/л, после 60-минутного уплотнения

Категория осадка	Место отбора проб	Состав верхнего слоя (воды), %			Состав нижнего слоя (осадка), %		
		вода	механические примеси	нефтепродукты	вода	нефтепродукты	механические примеси
I	Таксопарк	0,042	0,4–0,7	0,025	63,2–64	1,1–6,5	29,5–35,7
II	Механический завод	0,17	0,5–2	0,7–0,09	75–80	2,1–7,9	12,1–22,9
III	Автобусный парк	0,061	0,48	0,04	65,5–61	2,3–7,2	31,2–31,3

Рис. 76.
Кинетика



отстаивания жидких нефтеотходов

В то же время из приведенных графиков следует, что целый ряд осадков и жидких нефтеотходов II и IV категорий таких, как флотоконцентрат, эмульсии, осадки реагентной обработки гравитационными методами обезвоживаются плохо или совсем не обезвоживаются и требуют средств интенсивной обработки.

Осредненные значения удельного сопротивления фильтрации различных нефтесодержащих осадков в сравнении с активным илом станции аэрации показаны на рис. 77. Следует отметить, что низкое удельное сопротивление осадков I категории относится к пробам, взятым в первой половине отстойников (на впуске сточных вод), т.е. там, где осаждается основная масса осадка, состоящая, в основном, из песчаных частиц. Выпадающие в конце отстойника тонкие глинистые частицы, обволаченные нефтепродуктами, иногда имеют удельное сопротивление фильтрации ($\gamma \times 10^{10}$) > 1500 . Это часто обуславливает плохую работу

бункеров-уплотнителей осадка, поскольку над основной массой слежавшегося песчаного осадка откладывается тонкий слой уплотненной нефтегрязи, которая препятствует дренированию воды из следующей порции извлекаемого осадка.

Методы фильтрации с добавкой коагулянтов следует, в основном, применять при обезвоживании нефтесодержащих осадков II категории. Так, после коагуляции (на примере осадка из очистных сооружений ЗИЛа) с дозой извести (по CaO) 10 г/л и FeCl_3 — 1 г/л удельное сопротивление фильтрации осадка ($\text{г} \times 10^{10}$) снижается до 15—25, производительность вакуум-фильтра достигает 40 кг/м²ч, влажность осадка составляет 68--75 %. Изменение вида реагентов $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaO}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{CaO}$ мало влияет на водоотдающие свойства осадка [28].

Интерес представляет разработанная австрийской фирмой "Машиненфабрик АНДРИЦ" технология обезвреживания труднофильтруемых шламов НПЗ с высоким содержанием нефтепродуктов на ленточных прессах. Состав шлама (%): твердая фаза — 5,5; вода -- 71,5; нефтепродукты -- 23; (плотность 1 т/м³). На первой технологической ступени осуществляется интенсивное перемешивание шламов различного состава с целью усреднения .

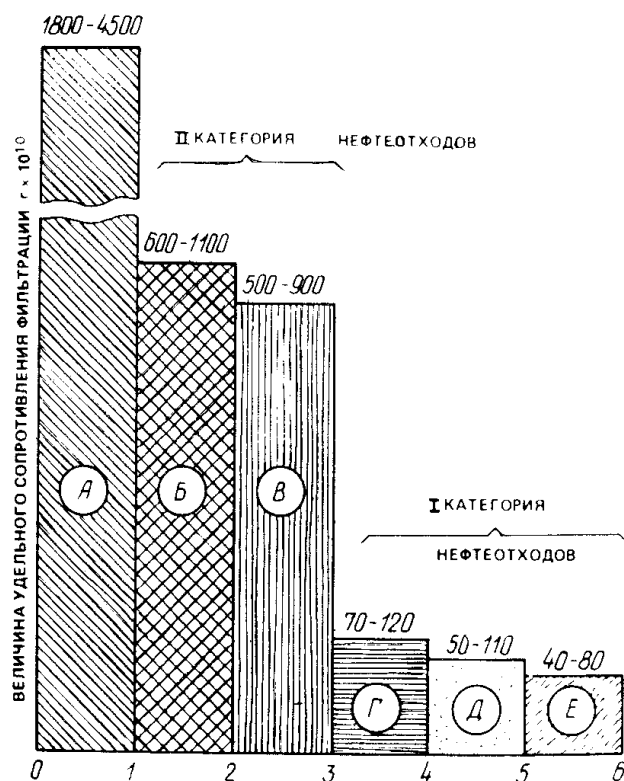


Рис. 77. Осредненные значения удельного сопротивления фильтрации различных исследованных осадков

А -- уплотненный осадок ЛСА; Б - осадок из очистных сооружений ЗИЛ; В - осадок из кустовых очистных сооружений "Угрейский ручей"; Г - осадок моечных вод автотранспортных предприятий; Д - осадок дождевых и моечных вод; Е - осадок дождевых вод

Далее в шлам для улучшения его структурных свойств добавляют летучую золу или угольный порошок. После перемешивания в массу шлама вводят полиэлектролиты и реагенты, в результате чего удельное сопротивление фильтрации шлама снижается до минимума, и он направляется для обезвоживания на ленточный фильтр-пресс. Кек имеет влажность около 30 %. Фильтрат направляется в разделочный резервуар, откуда нефть идет на переработку, а вода -- на очистку. Для кондиционирования шлама требуется: летучей золы 100 кг/м³ (плотность 2,98 т/м³); полиэлектролита — 0,22 кг/м³; 40 %-ного раствора хлорида железа --7,5 л/м³. Поскольку в обезвоженном плотном осадке еще содержится до 13 % нефти, а также при использовании второго варианта присадки -- угольного порошка, то осадок можно сжигать в смеси с твердым топливом.

Для сгущения осадков из очистных сооружений автотранспортных и им подобных предприятий, осадков ливневых вод широко применяют гидроциклоны, в большинстве случаев соединенные с бункерами-уплотнителями. В гидроциклонах сгущают осадки, бункеры служат для обезвоживания сгущенного продукта методами уплотнения и дренирования. Недостатком одноступенчатого гидроциклонирования является большой (до 50 %) унос твердой фазы в фугате. Эта легкая взвесь, возвращаясь в голову очистных сооружений, постепенно накапливается в них, несмотря на процесс агрегатирования взвесей при их соприкосновении с нефтепродуктами. Накапливание мелкой взвеси в отстойнике отрицательно влияет на качество разделения стоков и требует периодической очистки

отстойников илососами.

МосводоканалНИИпроект совместно с НИИХиммаш были проведены работы по центробежному обезвоживанию осадка и осветлению мочных вод таксомоторного парка с выбором оптимальной технологической схемы этого процесса. В процессе работы исследовались центрифуги ОМД-802К-4, ОГШ-151К-6, зависимость эффекта осаждения от фактора разделения и длительности центрифугирования.

Исследования показали, что осадки мочных вод без применения флокулянтов при факторах разделения от 370 до 2300 практически мгновенно разделяются в центробежном поле, фугат имеет качество, приближающееся к качеству очищенной воды (содержание твердой фазы в фугате не более 0,01 %). Конечная влажность осадка может быть до 24 % (рис. 78).

Контрольные опыты с нефтесодержащими осадками очистных сооружений ЗИЛа, где применяются реагенты и состав взвеси сложнее, чем в стоках автотранспортных предприятий, показали, что эти осадки обезвоживаются хуже, но тоже достаточно эффективно, влажность их достигает 50—60 %, фугат содержит большое количество взвешенных веществ и требует дополнительной очистки.

Серия экспериментов, выполненных на центрифуге ОГШ-151К6, подтвердила возможность эффективного обезвоживания осадков. При индексе производительности (произведение фактора разделения на площадь внутренней поверхности ротора) 97 м^2 производительность центрифуги достигает $0,55 \text{ м}^3/\text{ч}$ по суспензии. Учитывая абразивный износ деталей центрифуг типа ОГШ, сложность их конструкции и дефицитность, на основе предварительных результатов экспериментов, проведенных в лабораторных и полупромышленных условиях, была испытана установка промышленных размеров с использованием более простой и не подверженной абразивному износу центрифуги периодического действия ОДМ-802К-4, серийно выпускаемой ПО "Курганармхиммаш". Диаметр ротора 800 мм, фактор разделения - 700. В ротор центрифуги подавались осадки влажностью 97—98 %, длительность цикла центробежного разделения принималась 1,3,5,10 и 20 мин. Анализ результатов экспериментов показал, что даже при длительности цикла 2 мин. содержание твердой фазы в фугате не превышает 25 мг/л, производительность центрифуги достигает $3\text{--}4 \text{ м}^3/\text{ч}$, влажность осадка 24-38 % (табл.4.3).

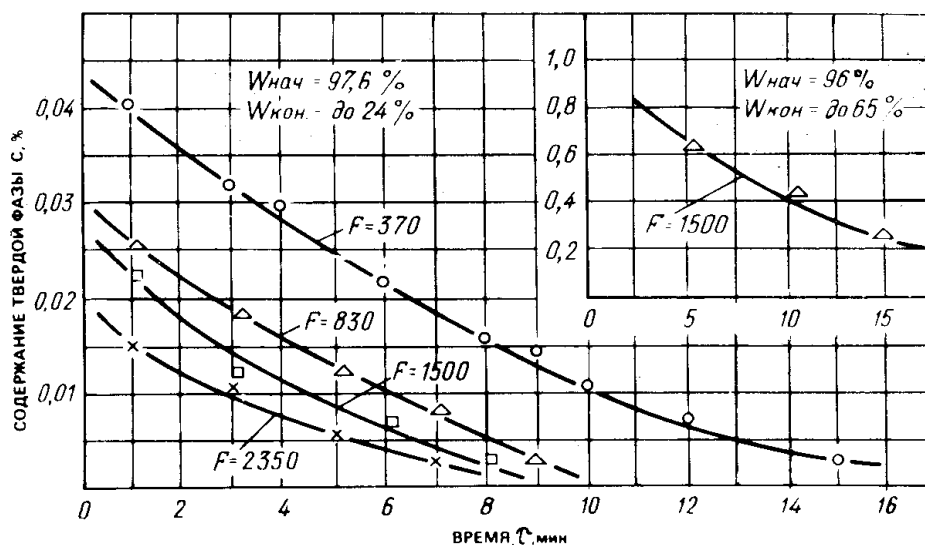


Рис. 78. Содержание твердой фазы в фугате в зависимости от длительности центрифугирования и фактора разделения: I - осадок из очистных сооружений автотранспортных предприятий; II - осадок из очистных сооружений автозавода ЗИЛ

Одним из недостатков центрифуг типа ОМД являются значительные затраты ручного труда при выгрузке осадка, однако этот недостаток может быть устранен введением поворотного скребка в ротор центрифуги.

Ввиду большого количества малых и средних локальных очистных сооружений промышленных стоков и ливневых вод, исчисляемых в Москве, сотнями, представляется проблематичным установка на каждом из них сложных обезвоживающих устройств типа центрифуги, вакуум-фильтра или фильтр-пресса. Для этих предприятий целесообразно создание одного или нескольких видов передвижных обезвоживающих устройств на шасси автомобилей или прицепов, которые могли бы по заранее разработанному графику обслуживать несколько предприятий. Обезвоженный до 35—40 % влажности осадок можно затем в удобное время вывезти на последующее обезвоживание автотранспортом предприятия. Такие передвижные установки с износостойчивым ротором достаточно широко распространены в странах Запада.

4.3. Результаты экспериментов на промышленной центрифуге ОМД-802К-4

Время центрифугирования, мин	Содержание твердой фазы в осадке, г/л	Влажность осадка, %	Унос твердой фазы в фугате, %	Производительность центрифуги, м ³ /ч
1	23,88	38,17	0,692	—
3	23,88	36,7	0,213	
5	„	31,8	0,078	
10	„	23,6	0,065	3—4
20	„	23,3	0,029	

4.4. Сжигание жидких нефтеотходов

Неутилизируемые жидкие нефтесодержащие и другие углеводородсодержащие отходы и загрязнения, подвергающиеся термическому обезвреживанию путем сжигания, обычно сильно обводнены и содержат в себе механические примеси. При горении обводненных нефтепродуктов происходят сложные физико-химические превращения. Отличительной особенностью сжигаемых обводненных нефтеотходов является наличие в зоне пламени водяных паров. При этом их появление вызвано процессом химического превращения, так как вода вводится в камеру горения с топливом еще до воспламенения горючей смеси.

Согласно современной теории горения и цепных реакций можно считать, что наличие воды в нефтепродуктах и соответственно повышенное содержание водяных паров как в свежей горючей смеси, так и в продуктах сгорания должно положительно сказываться на процессе горения и, в первую очередь, на скорости распространения пламени.

Известно, что скорость цепной химической реакции пропорциональна концентрации активных центров, ведущих процесс. Для обводненного топлива концентрация таких центров будет всегда больше, чем у необводненного топлива. С увеличением обводненности сжигаемого топлива растет парциальное давление водяных паров в продуктах сгорания, при этом одновременно увеличивается количество диссоциированных молекул водяного пара. Кроме термической диссоциации паров воды на водород и кислород по уравнению $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ возможна диссоциация воды на водород и гидроксил, т.е. существование равновесия $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 2\text{OH}$.

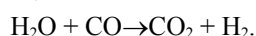
В процессе горения обводненного топлива диссоциация может произойти также вследствие электронного возбуждения молекул или атомов от ударов их между собой при микровзрыве.

В процессе горения положительные ионы легко взаимодействуют с нейтральными молекулами, в результате чего образуются свободные радикалы. Так, ионы воды H_2O^+ , взаимодействуя с молекулой воды по схеме $\text{H}_2\text{O}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}$ дают радикалы OH .

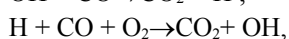
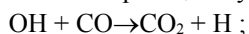
Свободные радикалы могут также образовываться при рекомбинации положительных ионов с электронами или отрицательными ионами. Выделяющаяся при этом энергия оказывается достаточной для расщепления на радикалы вновь образующихся молекул. Так, энергия, выделяющаяся при рекомбинации ионов H_2O^+ с электроном, равная 1215 кДж/моль, достаточна для полной атомизации молекулы воды, так как для расщепления ее на два атома H и один атом O требуется энергия 918 кДж/моль. При рекомбинации иона гидроксония $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{e} = \text{H}_2\text{O} + \text{H}$ выделяется энергия, равная 821 кДж/моль, достаточная для полного расщепления H_2O на H и OH . Преимущество обводненных нефтепродуктов перед чистым углеводородным топливом состоит в том, что даже при низких температурах в зоне пламени они всегда будут давать более высокие начальные концентрации активных центров атомов и радикалов.

Появление в зоне пламени обводненного топлива большого числа активных центров атомарного водорода H и гидроксида OH может во много раз ускорить реакции окисления и горения углеводородного топлива в результате развития реакции по цепочно-тепловому механизму.

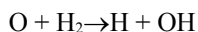
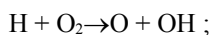
Ускоряющее действие водяных паров в процессе горения окиси углерода объясняется суммарной реакцией



в результате которой возникает легковоспламеняющийся водород. Последующее гомогенное окисление водорода приводит к образованию радикалов OH и атомов H и O , обуславливающих как развитие цепей основной реакции путем процессов

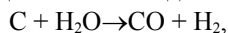


так и их разветвления



Этим объясняется повышение скорости горения СО, которое всегда имеет место в присутствии водяного пара. Вода не только является инициатором цепей в реакции, но и участвует в развитии самих цепей. Это подтверждается изменением интенсивности свечения, которое наблюдается с увеличением содержания воды и смеси.

При сжигании обводненных углеводородов уменьшается дымление, которое вызывается обычно дефицитом кислорода в зоне реакции. Недостаток кислорода приводит к усилению крекинга топлива и выделению свободного углерода. Углерод может сгорать по реакции



для осуществления которой необходимо наличие вблизи крекинговых молекул топлива достаточного количества продуктов сгорания, имеющих в своем составе водяные пары. Очевидно, что в обводненном углеводородном топливе водяных паров всегда достаточное количество, т.е. даже без сгорания H_2 в H_2O сгорание C в CO будет обязательным, а затем и CO в CO_2 . Следует также иметь в виду, что капли нефтеотходов, как правило, содержат внутри себя микроскопические включения воды.

Поскольку температура кипения воды ниже температуры кипения нефтеотходов, а слой нефтеотходов по отношению к заключенной внутри капли воды выполняет роль теплоизолятора, микрочастицы воды внутри капли перегреваются и мгновенно вскипают с разрывом капли на мельчайшие составляющие. Происходящие микровзрывы капель способствуют увеличению площади поверхности испарения нефтепродукта, а следовательно, тепло- и массообмену.

Установлено, что капля эмульсии размером 2 мм и влажностью 30 % сгорает за 2,8 с, а такая же капля необводненного мазута за 3,7 с. Явление внутригорелочного взрыва капель также ускоряет испарение, улучшает смесеобразование и позволяет значительно интенсифицировать процесс сжигания жидких топлив.

Сжигание жидких горючих отходов может осуществляться при определенных условиях в топках и горелочных устройствах (камерных, циклонных, надслоевых), описанных в гл. 2. Наиболее широкое распространение в нашей стране получили турбобарботажные установки "Вихрь -1" производительностью 100--300 кг/ч и "Вихрь -3" производительностью 3000 кг/ч [27].

4.5. Термическое обезвреживание нефтесодержащих осадков и шламов

Для термического обезвреживания твердых нефтесодержащих отходов (осадки из очистных сооружений промпредприятий, шламы НПЗ и т.д.), основным компонентом которых являются минеральные примеси, применяются печи с кипящим слоем, а также многоподовые и барабанные печи.

На предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности было построено несколько печей с кипящим слоем для сжигания нефтешламов. Одна из таких установок эксплуатировалась на Уфимском НПЗ. Печь представляла собой вертикальный цилиндрический аппарат, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом диаметром 2,6 м, высотой 8 м. В качестве материала для создания кипящего слоя применялся кварцевый песок размером фракций 0,8/0,8 мм, высота слоя составляла 800—1000 мм. Температура кипящего слоя рекомендовалась в пределах 600°C, подогрев его осуществлялся топливными форсунками, расположенными как в слое, так и под слоем. Псевдоожижение слоя песка создавалось холодным воздухом. Эксплуатация печи привела к отрицательным результатам. Главным лимитирующим фактором оказался кипящий слой, в который подавалось большое количество холодного воздуха. Вследствие этого предварительно подогретый до 600°C слой песка быстро остывал до 400–450°C. При такой температуре в слое песка процесс горения прекращался, шли реакции крекинга и коксования, т.е. газификации шлама, что явилось причиной образования коксовых агломератов и закупоривания кипящего слоя. Эти и другие причины привели к тому, что установка была подвергнута коренной реконструкции. Проект реконструкции предусматривал возможность сжигания шлама в топочном объеме без использования кипящего слоя. Для распыливания шлама была применена ротационная форсунка. В настоящее время применение печей с кипящим слоем для прокаливания нефтесодержащих шламов ограничено.

4.4. Результаты испытаний установки по совместному сжиганию жидких нефтеотходов и осадков из очистных сооружений

Место взятия проб	Свойство исходного осадка			t газов на вхо- де в печь, К	t отхо- дящих газов, К	Производительность, кг/ч	
	влаж- ность, %	механи- ческие примеси, %	содер- жание нефте- продук- тов, %			барабан- ной печи	установки "Вихрь"
Таксо- парк	34	56,7	9,3	1273	1093	12,1	4
Таксо- парк	35,5	59,4	9,1	1343	1093	13,5	4,5
"	33,8	60,15	6,05	1423	1073	16,2	5
Автоза- вод	34,2	56,9	8,9	1273	1043	17,3	5,7
"	35	56,5	8,5	1443	1073	15,9	5
"	34,8	51,7	13,5	1423	1063	16	5

Схемы с многоподовыми печами применяются за рубежом, особенно в Западной Европе, для сжигания осадков канализационных станций. Основным технологическим оборудованием для сжигания нефтесодержащих осадков из очистных сооружений (как правило, в смеси с другими ПО) являются барабанные печи. Поскольку при сжигании жидких нефтеотходов, обводненных до 20 %, более 60 % тепла теряется с уходящими газами, целесообразно эту энергию использовать на термическое обезвреживание негорючих обезвоженных осадков, т.е. совместить процессы термического обезвреживания жидких горючих и негорючих отходов и загрязнений.

В МосводоканалНИИпроекте была проведена серия экспериментов по прокаливанию нефтесодержащих осадков в модели барабанной печи с использованием тепла от сжигания жидких нефтеотходов. Результаты испытаний лабораторной установки по совместному сжиганию жидких нефтеотходов и осадков из очистных сооружений представлены в табл. 4.4.

Состав шлака после термообработки: влажность 0,2 %, зольность 99,9 %, содержание нефтепродуктов 0,01 %. Из таблицы видно, что температура отходящих газов после барабанной печи лежит в пределах 1093 К. Поэтому целесообразно предусмотреть в конце предлагаемой схемы котелутилизатор. На прокаливании 1 кг нефтесодержащих осадков, состав которых приведен в таблице, требуется 0,25–0,3 кг жидких нефтеотходов в пересчете на условное топливо с теплотой сгорания около $2,1 \times 10^4$ Дж/кг.

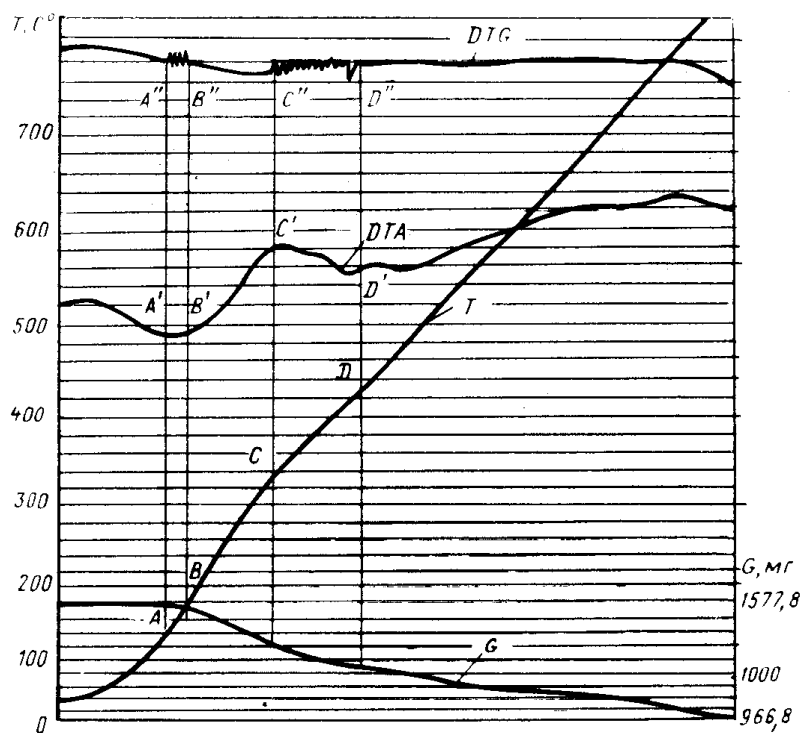


Рис. 79. Термогравиметрические кривые осадка автотранспортных предприятий в присутствии Аг ДТО - дифференциальная кривая потери массы; ДТА - дифференциальная кривая температурного анализа; T - кривая температуры; C - потеря массы

Для разрушения трудно прокаливаемых агломератов и сокращения времени нахождения материала в промышленных печах можно использовать цепные завесы и насадки, применяемые в цементной промышленности.

По проведенным исследованиям совместно с Ивановским энергетическим институтом на стадии технического проекта была разработана технологическая схема термического обезвреживания отходов, основу которой составляет барабанная печь. Высокотемпературная газовая смесь получалась при сжигании нефтеотходов в турбобарботажной печи типа "Вихрь".

Для уточнения оптимального режима работы барабанной печи при обезвреживании нефтесодержащих осадков автотранспортных предприятий были проведены дополнительные термогравиметрические исследования свойств осадков на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик и Л. Эрдея (Венгрия) в аргонной среде в интервале температур 40—800°C.

Полученные термогравиметрические кривые приведены на рис. 79. Дифференциальная кривая потери массы (ДТС) позволяет установить температурные зоны деструкции присутствующих в осадке веществ.

Первая зона "А" -- "В" (интервал температур 150--180°C) характеризует деструктивные изменения связанной воды в осадке, т.е. ее переход в газообразное состояние. Вторая зона "С" — "Д" (интервал температур 317—415°C) характеризует деструктивные изменения органических веществ в осадке. Полная деструкция органических веществ в осадке происходит при температуре 415--420°C. Эта температура является минимальной при полном обезвреживании осадка автотранспортных предприятий, но недостаточной для обезвреживания отходящих газов. Анализируя кривую потери массы (G), следует отметить, что в интервале температур 317—420°C происходит уменьшение массы осадка.

4.6. Химическая обработка нефтесодержащих отходов

Одним из возможных способов обезвреживания твердых и жидких нефтесодержащих отходов является химический. Этот способ позволяет полностью обезвреживать отходы, а полученные продукты в ряде случаев использовать. Например, отходы подвергают обработке оксидом щелочноземельного металла, предварительно обработанного ПАВ в отношении: отходы-реагент (1:1-10). После смешения с отходами оксид щелочноземельного металла образует с водой гидроксид, в результате чего отходы равномерно им адсорбируются.

В итоге получают сухой, сильно гидрофобный порошок, который можно использовать в качестве облицовочного материала для различных хранилищ, строительного материала при сооружении дорог, для посыпки льда и т.д.

В качестве оксидов обычно используют оксиды кальция и магния, а в качестве ПАВ — стеариновую кислоту, диизооктилсульфосукцинат натрия, пальмитиновую кислоту, парафиновое масло, нонилфенолтетрагликолевый эфир и т.д.

Так, согласно одной из технологий, 500 кг пастообразных отходов, содержащих 240 кг органических веществ, в основном нефтепродуктов, смешивают с 500 кг размельченной извести, предварительно обработанной 5 % (по массе) смеси из стеариновой и пальмитиновой кислот. После реакции образуется сухой, стойкий при хранении порошок.

Отработанное масло в количестве 190 кг смешивают со 190 кг негашеной извести, содержащей 1 % по массе стеариновой кислоты и 0,2 % по массе диизооктилсульфосукцината натрия, и 80 л воды. После выдержки смеси в течение 30 мин получают порошкообразное сухое вещество.

При загрязнении нефтепродуктами поверхности земли, например побережья моря, в случае пролива судами масел или нефти в аварийных ситуациях, при сильной загрязненности прибрежной акватории (показатели массы приведены условно с соблюдением необходимых пропорций) 100 кг масел, которые необходимо удалить с песчаного пляжа, обрабатывают 100 кг мелкой кальциевой извести, содержащей 1 % по массе смеси из стеариновой и пальмитиновой кислот и 0,5 % по массе парафинового масла. Известь равномерно распределяют по пляжу. Затем почву обрабатывают фрезой, чтобы известковая смесь могла прореагировать с маслом. Далее почву поливают 80 л воды, образующийся при этом продукт можно не удалять, так как он содержит масло в высокодисперсной форме, т.е. в легко разлагаемом виде. Щелочноземельными элементами в соединении с ПАВ можно обрабатывать также эмульсии металлообрабатывающих заводов. Так, водную эмульсию, содержащую 2 кг масла на 100 л воды, обрабатывают 2 кг негашеной извести, содержащей 6 % по массе нонилфенолтетрагликоленового эфира. По истечении 2 мин. наступает достаточно полная очистка эмульсии. Полученная смесь отстаивается, а выпавший в осадок твердый продукт отфильтровывается.

В ряде случаев вместо негашеной извести в качестве основы применяют окись магния. В обоих случаях степень обезвреживания приближается к 100 %.

Фирмой "Мейснер Грундбау" (ФРГ) разработана технология химической обработки и обезвреживания нефтесодержащих отходов (маслосодержащие шламы, кислые гудроны, малозагрязненные почвы, эмульсионные шламы и т.д.[23].

По технологии одновременно с методом обезвреживания собранных нефтеотходов предполагается очистка и рекультивация загрязненных земельных участков, на которых происходило накопление нефтеотходов и использование их для посадок зеленых насаждений, площадок с твердым покрытием для

стоянок машин, организации складов и т.п. Получаемый при обработке продукт может быть использован в качестве строительного материала для создания дорожных покрытий, фундаментов, облицовочного материала, отстойников и т.д. По данным фирмы с помощью этого способа возможна также очистка площадей разлива нефти, ликвидация нефтяных загрязнений на пляжах, возникающих при авариях танкеров или нефтепроводов.

По предложенной технологии нефтяные шламы и осадки, доставленные автотранспортом или экскаватором на ровную уплотненную земляную площадку, равномерно распределяются по ее поверхности слоем определенной толщины. На слой шламов разбрасывающими машинами наносится химический гидрофобный реагент на основе негашеной извести. Пропорциональное соотношение смешиваемых веществ определяет химический анализ. Материалы тщательно перемешиваются движущимися почвенными фрезами до получения достаточно однородной смеси. Между молекулами воды, содержащейся в смеси, и негашеной известью происходит экзотермическая реакция, которая начинается примерно через полчаса после перемешивания и протекает вначале медленно, постепенно ускоряется при сильном разогреве смеси и сопровождается образованием пара и вспышками. Полученную массу доставляют к месту применения для уплотнения или же уплотняют на месте катками или виброуплотнителями.

Продукт реакции -- коричневое порошкообразное вещество, состоящее из мельчайших гранул. По данным фирмы, материал инертен в отношении воздействия на воду и почву, так как мельчайшие частицы токсичных компонентов заключены в известковые оболочки — капсулы, которые равномерно распределены в массе продукта, водонепроницаемы, морозостойчивы, обладают высокой плотностью, что позволяет выдерживать нагрузки до 90 МПа (900 кгс/см²).

Указанный способ был впервые применен при ликвидации кислых гудронов, накопившихся на территории нефтебазы в г. Доллберг (ФРГ, земля Нижняя Саксония). Работы проводились в два этапа. Сначала было обработано 8000 т отходов, затем после успешного завершения этих работ было ликвидировано еще 40 000 т кислых гудронов. При этом освобожденные площади были рекультивированы.

Работы, выполнявшиеся фирмой "Мейснер Грундбау", велись следующим образом. В земляной котлован размером 50х60 м и глубиной 2 м послойно толщиной 20—30 см укладывались нефтеотходы, которые после нанесения на них слоя химических реагентов в количестве 20 % исходного вещества, перемешивались механической фрезой. После окончания химической реакции получаемый слой уплотнялся виброкатком. Таким образом был заполнен весь котлован. Сверху для посадки зеленых насаждений был нанесен слой земли. Обезвреженные отходы не оказывали вредного воздействия на грунтовые воды и почву.

По данным фирмы для общей обработки 48 000 т нефтеотходов потребовалось 8 000 т химических реагентов. Общие затраты на все работы составили 2,8 млн. марок ФРГ, т.е. стоимость обработки 1 т нефтеотходов составила 60 марок [23].

Специалисты считают, что химическая обработка нефтешламов почти в 2 раза дешевле их сжигания. Подробный состав реагентов не расшифровывается.

В Японии разработан способ химического обезвреживания отработанных масел, согласно которому в отработанное масло добавляют порошкообразный реагент, содержащий 85,4— 91,4 % негашеной извести, 7,2—10,5 % силиката кальция, 1,2—3,9 % силиката алюминия и 0,2 % красителя. Полученную смесь затем подсушивают с использованием внешнего источника тепла и утилизируют в промышленности строительных материалов.

В Японии предложен также способ химического обезвреживания отходов нефтепродуктов, а также других отходов и осадков, содержащих органические вещества, оксиды, хлориды и т.д., путем их отверждения с получением материала с высокой механической прочностью, стойкого к действию кислот и нагреванию. Способ заключается в смешении отходов с измельченным печным шлаком и гидроксидом щелочного металла и отверждении смеси. В качестве гидроксидов щелочных металлов используются NaOH, KOH или LiOH. Порошок шлака состоит из 32-36 % SiO₂, Al₂O₃, 35-43 % CaO, 0,5-10 % MgO, 0,1-3 % TiO₂.

Фирмы "Фест Альпине" (Австрия) и "Лео Консулт" (ФРГ) разработали совместно установку для химического отверждения нефтесодержащих отходов, лаков, красок, кислых смол и т.д. Установка работает по принципу смешения отходов со специальными гидрофобными добавками на основе извести (так называемый "ДСР — процесс").

В результате обработки получается порошкообразный продукт с водоотталкивающими свойствами, причем загрязняющие вещества как бы заключены в прочные капсулы. Водопроницаемость материала при давлении столба воды 1 м находится между 10⁻⁷ и 10⁻¹⁰ см/с. Таким образом, материал по своим свойствам становится подобным глине и может считаться водонепроницаемым.

На рис. 80 показана схема установки ЛЕКО-СМ. Обрабатываемый продукт поступает в бункер 1 и шнеком 2 перемещается в реактор-смеситель 3. Необходимые реагенты из резервуара 4 проходят через дозатор 5 и шнековым конвейером 6 подаются в реактор-смеситель 3. Обезвреженный продукт отводится из установки ленточным транспортером 7. Управление процессом осуществляется при помощи пульта 8.

Анализируя состав реагентов, применяемых за рубежом для обезвреживания нефтемаслопродуктов химическим способом, можно сделать вывод о том, что наряду с основным компонентом реагента (негашеная известь), в его состав должно входить синтетическое поверхностно-активное вещество (СПАВ) на основе октилсульфатов, сульфанола и т.д. Данное СПАВ (до 35 %) входит в состав синтетических моющих средств (СМС), применяемых, например, на моторо-агрегаторных участках АТП (мойка агрегатов

и узлов перед техническим осмотром и ремонтом).

МосводоканалНИИпроектм предложен следующий состав реагента для обезвреживания нефтесодержащих осадков из очистных сооружений автотранспортных предприятий: негашеная известь 93-97 %; СМС 7-3 %. Данный реагент вводится в осадок поэтапно: сначала добавляется СМС и тщательно перемешивается с осадком, затем добавляется порошкообразная негашеная известь, и смесь вторично перемешивается. Эффект обезвреживания достигает 98 %.

Нефтепродукты, связанные реагентом, не вымываются водой из осадка в течение длительного времени после обработки, что указывает на прочность адсорбционных связей частиц нефти с реагентом.

Необходимое количество реагентов P , кг/год, для обезвреживания осадка на конкретном предприятии определяют по формуле

$$P = D_p G n Q / 1000,$$

где D - доза реагента в зависимости от концентрации нефтепродуктов в осадке после обезвреживания, г/л; G - количество осадка, л/м³; Q - количество стока предприятия, ц/год; n - осадок, задерживаемый на гидроциклоне, %.

Технологическая схема химического обезвреживания нефтесодержащих осадков может входить в качестве второй ступени в общий комплекс сооружений по обработке осадка на мелких и средних предприятиях.

Химические реагенты применяют также при удалении разливов нефтепродуктов и нефтесодержащих отходов с поверхности водоемов. Для рассеивания нефти в воде применяют препараты эмульгирующего действия. По своему составу это биологически разлагаемые поверхностно-активные вещества, которые для облегчения их использования разбавлены органическим растворителем.

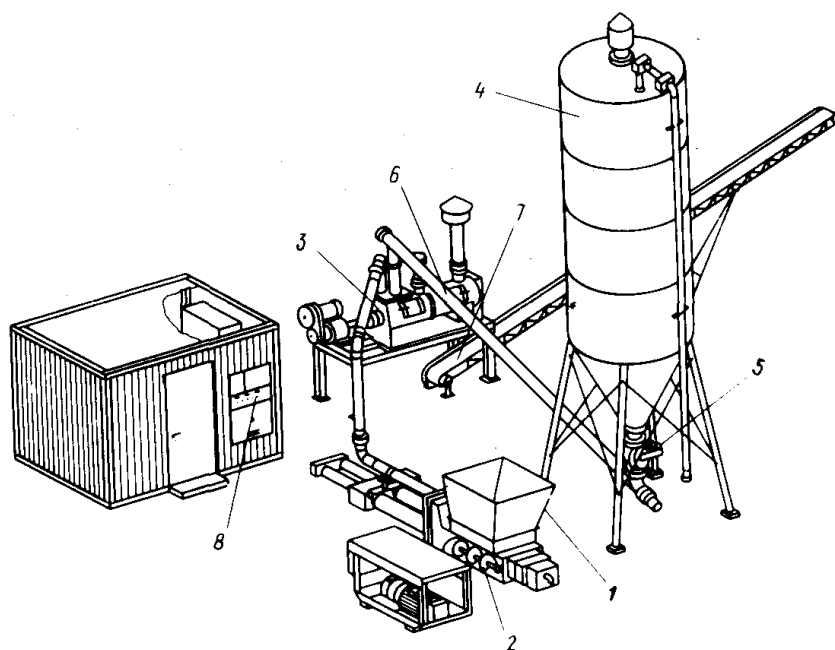


Рис. 80. Схема установки ЛЕКО-СМ

1 - загрузочный бункер; 2 - шнек; 3 - реактор-смеситель; 4 - резервуар для реагентов; 5 - дозатор; 6 - шнековый конвейер; 7 - ленточный транспортер; 8 - пульт управления

Энергичное перемешивание с водой обработанных опрыскиванием нефтяных пятен как на поверхности моря, так и в прибрежной полосе приводит к их рассеиванию, т.е. к практическому уничтожению нефтяного пятна с последующим биохимическим окислением. Известны препараты эмульгирующего действия, выпускаемые различными фирмами в виде жидкости: Polyclens — фирма "Полицелл Продукт ЛДТ" (Англия); Oil Spill Dispersant N 1901 -- фирма "Атлас" (Англия); Neos A.B. — фирма "Неос" (Япония); Oil Spill Disperser -- фирма "Драйв" (США); Dispersol os -- фирма "ИСИ" (Англия).

В последнее время для сбора нефтепродуктов и нефтеотходов с поверхности водоемов, а также для извлечения нефтепродуктов из сточных вод, испытываются системы с использованием так называемых магнитных жидкостей, которые представляют собой устойчивые текучие коллоиды, обладающие магнитными свойствами. Их получают на основе таких компонентов, как вода, углеводороды, фторированные углеводороды, минеральные масла, вакуумные масла, кремнийорганические жидкости, ПАВ, а также на основе различных маг-нетиков, таких, как железо, магнетит (Fe_3O_4), кобальт.

Основные сложности при получении магнитных жидкостей на заданной основе возникают при подборе ПАВ и получении частиц магнетика достаточно мелких размеров. Такие частицы можно получить, например методом химической конденсации, заключающимся в осаждении частиц магнетика из водного раствора солей двух- и трехвалентного железа избытком концентрированного раствора щелочи. Стоимость полученной жидкости ненамного превышает стоимость входящих в нее компонентов.

Магнитные жидкости на углеводородной основе, например, керосине, хорошо растворяются в нефтепродуктах. При необходимости удаления нефтеотходов или разлитой нефти магнитную жидкость распыляют по поверхности воды, а затем смесь собирают с помощью магнитного устройства, расположенного на плаву.

4.7. Биологическая обработка нефтесодержащих отходов

Подобно тому, как происходит под воздействием микроорганизмов и кислорода самоочищение водоемов от попавших туда нефтепродуктов, происходит в естественных условиях и самоочищение почвы. Однако этот процесс идет гораздо медленнее.

Фирмой "Лео Консулт" (ФРГ) разработана метод интенсивной биологической очистки загрязненной нефтепродуктами почвы, песка, глины и т.п. (Биосистем Эрде). По этому методу условия для жизни адаптированных микроорганизмов оптимизируют таким образом, что удаление углеводов из почвы осуществляется за 12-24 мес. Особое внимание при этом уделяется виду, влагосодержанию и гидрологии почвы, содержанию в ней питательных веществ и микроэлементов, определению вида вредных веществ (качественный состав) и их количества (количественный состав), а также определению величины рН и наличия бактериологических ядов и веществ, которые замедляют, блокируют деятельность микроорганизмов или препятствуют ей.

Подобраны 33 штамма бактерий общей численностью 136 микроорганизмов, которые превращают ароматические и алифатические углеводороды в безвредные диоксид углерода (CO_2) и воду (H_2O). Преобразование углеводов происходит в основном в аэробных условиях.

Технология биологической обработки заключается в следующем: загрязненную нефтепродуктами почву, песок и т.п. освобождают от посторонних включений (древесины, пластмассы, мусора, крупных камней и пр.) и гомогенно перемешивают с субстратами (микроорганизмами). При легких и рыхлых обрабатываемых материалах добавляют субстрат "Био Терра С", при очень тяжелых, плотных и глинистых почвах — "Био Борке Г". Применяемый для перемешивания специальный биобарабан гарантирует сохранность избранного соотношения компонентов перемешивания и их оптимальное обогащение кислородом.

Соотношение компонентов перемешивания "почва-субстрат" (около 9:1) зависит от качества и вида почвы, вида и количества загрязнений. Подготовленный таким образом материал подлежит складированию и выдержке на биоплощадке. Поверхность, на которой размещается площадка, должна рассчитываться на срок до двух лет. По периметру площадки формируют земляной вал высотой около 40 см.

Как правило, основание биоплощадок уплотняют. По горизонтальной поверхности дна укладывают пленку из полиэтилена высокого давления, а на нее -- дренаж в виде вафельного холста. Благодаря этому холсту поверхностные воды равномерно проходят через биоплощадку. Вафельная структура дренажа обеспечивает надежный сток большого количества воды к приемнику, откуда она забирается насосом и снова разбрызгивается по поверхности площадки. Одновременно производится аэрация загрязненного материала по всей поверхности снизу.

Толщина слоя смеси "почва-субстрат" составляет 80--100 см. Для защиты от ветра и размыва биоплощадку засеивают травой. Периодически берут пробы, контролируют и регулируют поступление воды, содержание кислорода и питательных веществ. Регенерированная площадь после микробиологической обработки может использоваться как сельскохозяйственные угодья. Удаление углеводов по методу Биосистем Эрде при достаточной его продолжительности может быть практически полным. Проведенные опыты показали, что 12-18 мес обработки достаточно для удаления углеводов родов ниже 500 мг/кг. Кроме того, установлено, что уже через 1—2 мес остаточные углеводороды практически не вымываются водой. Поэтому, как правило, повторное использование почвы с содержанием углеводов 1000 мг/кг считается допустимым.

Так, почва на улицах, вдоль шоссе и магистралей и т.п. содержит до 2000 мг/кг нефтепродуктов. Санитарные органы ФРГ и других стран Западной Европы рассматривают почвы с содержанием нефтепродуктов до 2000 мг/кг как малозагрязненные, которые можно не обезвреживать. Только при загрязнении свыше 2000 мг/кг власти начинают переговоры о соответствующих методах очистки.

Ниже приведены экономические показатели различных методов обезвреживания нефтезагрязненных почв и осадков при содержании в них нефтепродуктов более 1 % (по состоянию на 1986 г.) по сравнению с микробиологическим способом :

Способ	Стоимость обезвреживания, марки ФРГ за 1 т
Термическое обезвреживание	250--420
Свалка для ПО (ФРГ)	225--350
Свалка для ПО (ГДР)	150--250
Свалка для ПО (Бельгия)	175--250
Биосистем Эрде	135--220

Советскими учеными в г.Тюмени (ЗапсибНИГНИ) разработан комплекс технических решений по ликвидации загрязнений нефтепродуктами воды, почвы, ПО и т.д.

Основным средством для осуществления процесса обезвреживания является сухой бактериальный препарат "Пути-дойл", полученный на основе природного штамма углеводоро-доокисляющих бактерий *Pseudomonas putida* 36. Процесс основан как на действии самих вносимых с препаратом микроорганизмов, так и на стимуляции активности местных микроорганизмов за счет дополнительной подкормки в виде минеральных солей — источников азота и фосфора. Бактериальный штамм, являющийся основой препарата, обладает высоковыраженной окисляющей активностью в отношении углеводородов нефти прямой, разветвленной и циклической структур, вызывая в них необратимые процессы деградации ДО остаточных продуктов, относящихся к экологически нейтральным соединениям.

Препарат представляет собой мелкодисперсный светлый порошок, влажностью менее 10 % с концентрацией бактериальных клеток не ниже 10^{11} в грамме сухого вещества. Расфасовка осуществляется в полиэтиленовые пакеты вместимостью 1 и 10 кг. Гарантийный срок хранения 1 год при температуре 20°C. Объектами применения являются: загрязненные земли, нефтесодержащие осадки сточных вод, водоемы, акватории морей, промышленные стоки, технологические резервуары, танки речных и морских судов, полотно железных дорог, территории нефтебаз, складов ГСМ и т.д.

Технология применения заключается в приготовлении азотно-фосфорной подкормки, рабочей суспензии и обработке ими нефтезагрязненных участков воды и почвы. Препарат способен очищать воду с загрязненностью до 25 г/л и почву с загрязненностью до 10 кг/м². С его помощью можно обезвреживать до 20 компонентов сырой нефти, включая асфальтено-смолистые фракции. При этом снижается содержание бензопирена в остаточных продуктах распада нефти в 10 раз. Препарат жизнедеятелен при температурах окружающей среды от +70 до -50°C, сохраняет окислительную активность в высушенном состоянии, устойчив к действию химических веществ, загрязняющих воды и почвы. Он активен только в кислородной среде и погибает в анаэробных условиях, что исключает заражение им земных недр. Его применение повышает выход биомассы в 4 раза по сравнению с естественными условиями существования среды до нефтяного загрязнения, способствуя удобрению почвы и повышению кормовых ресурсов для обитателей водоемов.

Применение "Пути доила" на местности, загрязненной в пропорции 10 кг нефти на 1 м² почвы, позволяет через 2,5 мес возобновить ее растительный покров.

4.8. Утилизация нефтеотходов в промышленности строительных материалов, на транспорте и в народном хозяйстве

Нефтесодержащие осадки некоторых промышленных предприятий могут быть успешно использованы при производстве строительных материалов. Конструкторским технологическим бюро "Мосгорстройматериалы" была проведена работа по изучению возможности использования осадков из очистных сооружений завода им. Лихачева для производства кирпича.

Известно, что внешний вид и механические свойства кирпича в значительной степени зависят от вида применяемых отошающих добавок и их качества. Используемые в настоящее время в качестве отошающих добавок опилки ухудшают внешний вид кирпича. Кроме того, опилки часто не соответствуют техническим условиям по гранулометрическому составу. Увеличенное содержание в них фракций размером 0,1-10 мм приводит к получению кирпича повышенной трещиноватости.

Данный осадок представляет собой серую пастообразную массу (кек), получаемую после вакуум-фильтров с влажностью 70 %. В его состав входят: нефтепродукты, литейная пыль из циклонов, абразивная пыль от шлифовки и полировки, отходы от окрасочных камер, фосфаты для подготовки металлических поверхностей, песок, глина, остатки стекловолокна, сульфатов и пр. Химический состав кека представлен в табл. 4.5.

На двух производственных участках Черемушкинского керамического завода было выпущено 13 опытных партий кирпича в количестве 102 000 шт. Изготавливали как обычный, так и вакууммированный кирпич. Результаты испытаний опытных партий кирпича показали, что при введении 5 % влажного кека в состав шихты при производстве вакууммированного кирпича качество кирпича после сушки повышается: бездефектный кирпич составляет 54,6 %, половняк 13,8 %, при применении обычной заводской шихты --соответственно 24,2 и 23 %. Механическая прочность обожженного кирпича как опытного, так и заводского соответствовала марке 125.

4.5. Потери при прокаливании кека и его химический состав, %

Потери при прокаливании в зависимости от температуры нагрева, °С					Содержание оксидов					
200	450	800	1000	Не растворяется	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	SiO ₂
9,5	6	8,3	13,84	5,55	6,39	3,32	39,3	3,51	1,53	1,96
9,6	6	8,4	13,1	5,63	6,38	3,44	38,84	3,47	2,28	остальное

Однако при формовке кирпича с влажным кеком (63—70%) текучесть массы резко повышается, брус выходит слабый и при укладке сырца на рамки получают большие вмятины. Поэтому необходимо более глубокое обезвоживание (до 35--45 %) осадка на фильтр-прессах или подсушка кека в естественных условиях. Сушка кека при температуре 100°C и выше приводит к изменению его свойств за счет потерь при прокаливании, что отрицательно сказывается на сушильных свойствах массы и качестве кирпича.

Введение кека в количестве 15—17 % понижает механическую прочность кирпича и снижает марку до "75", так что пределом дозировки кека следует считать 10 % по массе.

Нефтеотходы (отработанные масла) широко применяют в производстве керамзита -- легкого гранулированного материала с пористой ячеистой структурой, получаемого обжигом легкоплавких глинистых пород до их вспучивания при температуре 1100--1200°C. Для производства керамзита используют два вида глин —самовспучивающиеся, содержащие достаточное количество органических веществ, и глины, бедные этими органическими веществами. Для обеспечения вспучиваемости керамзита в процессе обжига к исходной глине перед ее загрузкой в барабанную печь добавляют определенное количество опилок и до 1 % отработанных нефтепродуктов, которые на заводах хранят в специальных подземных резервуарах. В дальнейшем керамзит используют для приготовления керамзитобетона, теплоизоляционных материалов и т.п. Учитывая объемы производства керамзита в стране, потребность в отработанных нефтепродуктах достаточно велика.

На заводах по регенерации или получению минеральных масел широко используется отбеливающая земля, которая по завершении технологического цикла в замасленном виде обычно выбрасывается на свалки. На заводе по производству минеральных масел в г. Люккендорфе (ГДР) отбеливающая глина специальным методом регенерируется, после чего вновь используется для производства минеральных масел. После вторичного использования она употребляется еще раз для производства кирпича. Благодаря такой технологии достигается более равномерная окраска обожженного кирпича и уменьшается потребность в топливе. Кроме того, сведено к минимуму загрязнение окружающей среды.

Некоторые предприятия иногда используют образующиеся у них и не принимаемые в регенерацию жидкие нефтеотходы для собственных нужд или передают их на другие предприятия. Как правило, в этих случаях применяется простейшая технология обработки нефтеотходов путем отстаивания или нагрева и отстаивания (иногда с применением реагентов). В некоторых случаях их не обрабатывают вообще. Так, на московских предприятиях стройиндустрии нефтеотходы используют для смазки неотвественных механизмов, цепей, форм при изготовлении бетонных плит, на домостроительных комбинатах и заводах ЖБК и т.д.

Неутилизируемые нефтеотходы могут успешно использоваться в дорожном строительстве, в котором требуется применение большого количества органических материалов. Так, для строительства дорог с асфальтобетонным покрытием требуется затратить 50—200 т битума на 1 км (в зависимости от категории дороги). Проведение ремонтно-эксплуатационных работ также требует значительного расхода органических вяжущих, так как для капитального ремонта асфальтобетонного покрытия их необходимо не менее 70 т/км. Расчеты пока зывают, что затрата 50 т битума с целью перевода 1 км дороги с гравийным покрытием в более высокую категорию путем устройства облегченного покрытия обеспечивает за срок службы этого покрытия экономию 150—200 т нефтепродуктов.

П/О "Вторнефтепродукт" разработало технологию утилизации шламов после регенерации масел для производства дорожных покрытий. 50 %-ное разбавление стандартного битума углеводородной частью шламов позволяет получать сырье, из которого в результате двукратного окисления-разбавления вырабатывают дорожные марки битумов. Путем компа-ундирования углеводородной части отходов и утяжеленного гудрона получено сырье, соответствующее ГОСТ 22245—76* на дорожные битумы.

При перевозке угля на железнодорожном транспорте в открытых вагонах и полувагонах имеют место его большие потери из-за выветривания. В п/о "Воркутауголь" на вновь построенной центральной обогатительной фабрике (ЦОФ) отработана технология добавки нефтесодержащих продуктов в уголь в качестве профилактических средств от его ветровой эрозии при транспортировании. На поверхность угля наносят эмульсию следующего состава: нефтесодержащий продукт -60 %, вода - 40 %.

Расход эмульсии на один полувагон составляет 75—100 кг. Отправка опытных партий осуществлялась по маршруту Воркута — Черновцы. Как показал контроль, потери угля уменьшились на 79 %. Вносимая

добавка при этом является ценным горючим компонентом при сжигании угля. Экономический эффект от применения этого метода составляет 1,71 р на 1 т угля.

Другим направлением утилизации жидких нефтеотходов может служить их использование в качестве профилактических средств, предотвращающих смерзание углей, причем они могут заменить дорогостоящие парафиносодержащие нефти и мазут.

Опыты, проведенные с концентратом, полученным на Абашевской ЦОФ, показали, что при влажности более 7 % удельное сопротивление угля разрушению значительно превышает 0,03 МПа (0,3 кгс/см²), и он смерзается. Тот же уголь, обработанный эмульсией, не смерзается даже при влажности 12 %.

Нефтеотходы могут с успехом применяться также для укрепления песчаного слоя почвы. Известно, что песок в пустынях весьма подвижен, и достаточно легкого ветра, чтобы барханы начали перемещаться. В результате обрушиваются берега арыков и каналов, засыпаются шоссейные и железнодорожные дороги, выходят из строя мачты электропередач. Этого можно избежать, если на поверхность песка с помощью краскопульта, водополивочной машины или других устройств нанести смесь из 6—11 %-ного битума и отработанного трансформаторного масла (а.с. N 631578). На опыленной поверхности хорошо приживаются саксаул, кандын, черкез и другие растения. Состав проникает в почву со скоростью 0,2 мм/с.

Отходы твердых нефтепродуктов типа битума могут наряду с неорганическими связующими, такими как цемент, зола, известь, гипс и т.д., использоваться для отверждения и стабилизации ПО. Использование битума позволяет улучшить физические свойства ПО, в частности, уменьшить их пылеобразование и водопроницаемость при длительном хранении на городских свалках.

4.9. Основные методы регенерации отработанных минеральных масел

Основную часть нефтеотходов, собираемых и накапливаемых на промышленных и транспортных предприятиях, составляют отработанные масла. В настоящее время в мире вырабатывается свыше 30 млн. т минеральных масел. Около половины этого количества безвозвратно теряется в процессе использования, а свыше 15 млн. т ежегодно сливается из машин и механизмов как полностью или частично потерявшие эксплуатационные свойства и требующие замены. Подсчитано, что на долю отработанных масел приходится более 60 % всех потерь нефтепродуктов.

Согласно ГОСТ 21046—86 "Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия", в зависимости от целевого назначения масла подразделяются на следующие группы:

ММО -- масла моторные отработанные (автотракторные, дизельные, авиационные, в том числе моторные масла, применяемые в трансмиссиях и гидравлических системах);

МИО -- масла индустриальные отработанные (турбинные, компрессорные, гидравлические, трансформаторные и т.д.);

СНО — смеси нефтепродуктов отработанных (нефтепродукты, собранные при зачистке резервуаров, трубопроводов и другие). Сюда же относятся нефтепродукты, извлекаемые из нефтесодержащих сточных вод на очистных сооружениях.

В соответствии с рядом принятых постановлений директивных органов, отработанные нефтепродукты подлежат повторному использованию как ценные материально-технические ресурсы. В связи с этим все предприятия и организации обязаны осуществлять сбор, учет, рациональное использование и сдачу вышеназванных групп отработанных нефтепродуктов на базы нефтесбытовых организаций для передачи их на пункты регенерации, нефтеперерабатывающие заводы и т.д.

Большая часть индустриальных и трансформаторных масел, как правило, регенерируется на местах потребления. Моторные масла сдают на нефтебазы. Ответственность за сбор и утилизацию отработанных масел возложена на Главнефтебазы союзных республик и п/о "Вторнефтепродукт" Госкомнефтепродукта РСФСР.

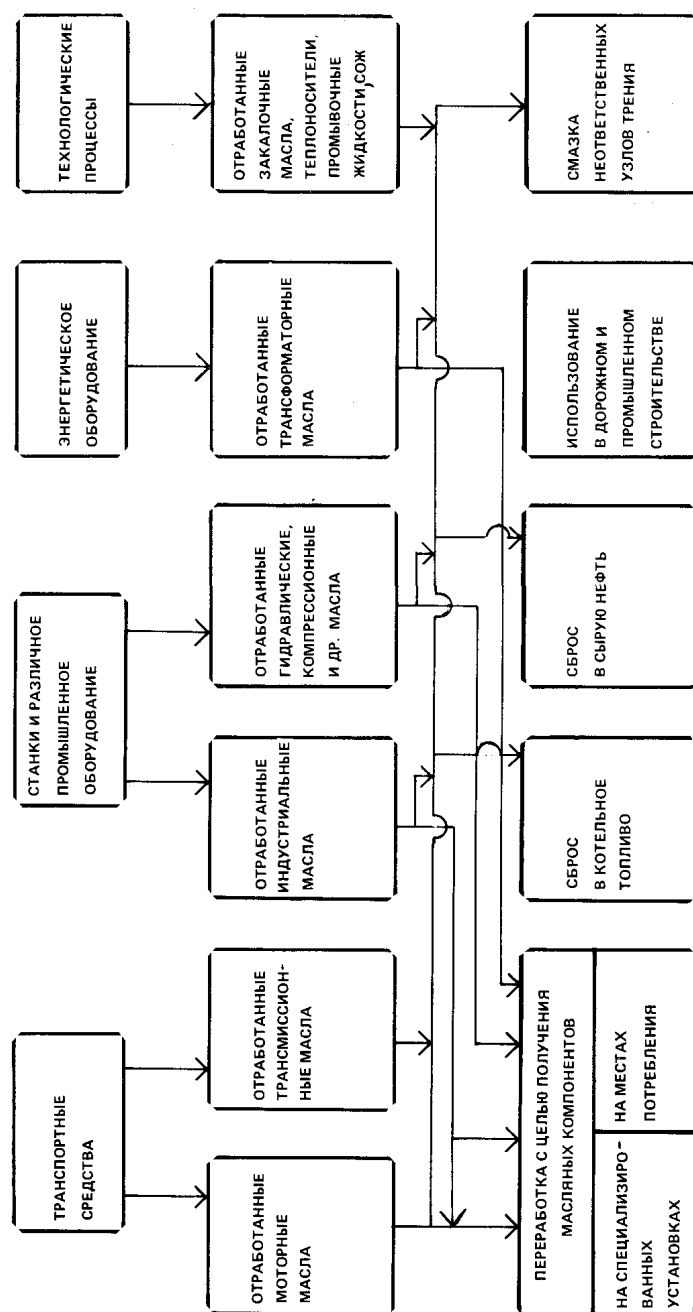


Рис. 81. Источники образования отработанных масел и направления их использования

4.6. Нормы для приема нефтепродуктов на регенерацию

Показатель	Норма для групп		
	ММО	МИО	СНО
Вязкость кинематическая, $\text{м}^2/\text{с}$ не менее при $t 50^{\circ}\text{C}$	$25 \cdot 10^{-6}$ (25)	$5 \cdot 10^{-6}$ (5)	—
То же при $t 100^{\circ}\text{C}$	$5 \cdot 10^{-6}$ (5)	—	—
Вязкость условная, Ст при $t 20^{\circ}\text{C}$ не менее	29	13	—
Температура вспышки, $^{\circ}\text{C}$ не ниже (определяется в открытом тигле)	100	120	—
Механические примеси, % по массе, не более	2	2	3
Вода, % по массе не более	4	4	5
Горючее, % по массе не более	6	6	—

На рис. 81 показаны источники образования отработанных масел и направления их использования. В процессе работы машин и механизмов масло окисляется, загрязняется продуктами износа деталей, металлической стружкой и пылью. В него попадают вода, топливо. Загрязнение продолжается при сборе и транспортировании масел. Наиболее загрязненными и трудно поддающимися очистке оказываются масла, слитые из картеров поршневых двигателей, содержащие продукты окисления и углеродистые частицы в мелкодисперсном состоянии. Из-за этих частиц масла плохо фильтруются и разделяются центробежным и другими способами.

По физико-химическим показателям отработанные нефтепродукты должны соответствовать требованиям и нормам, приведенным в табл. 4.6.

По согласованию с нефтесбытовыми организациями иногда допускаются к приему отработанные нефтепродукты с содержанием механических примесей и воды, превышающим указанные в данной таблице. В таких случаях количество механических примесей и воды сверх приведенных норм исключают из массы продукта.

Наиболее перспективным и рациональным направлением использования отработанных минеральных масел является их переработка на маслорегенерационных заводах с получением отдельных компонентов для повторного использования. Методы переработки или регенерации отработанных масел можно разделить на физические, физико-химические и комбинированные. К физическим методам очистки относятся: отстаивание, центрифугирование, фильтрация, отгон легких топливных фракции, вакуумная перегонка. Последний способ является наиболее эффективным. Используя его, можно получать масла с минимальной зольностью, коксоемкостью, хорошими показателями по цвету, незначительным содержанием асфальтосмолистых веществ.

Из физико-химических методов регенерации используются: коагуляция загрязнений различными ПАВ, контактная очистка отбеливающими глинами и активированными адсорбентами, активная очистка пропаном, фенолом и пр.

К химическим методам очистки относятся сернокислотная и щелочная. Серная кислота активно воздействует на большинство загрязнений и продукты окисления масла: смолы, асфальтены, нафтеновые кислоты, серные соединения, присадки. Однако применение серной кислоты связано с образованием трудно утилизируемого кислого гудрона. Поэтому сернокислотный способ заменяют в последнее время более рациональными процессами, например гидрогенизационными, позволяющими существенно улучшить качество регенерированных масел.

В ряде случаев из-за многообразия продуктов загрязнения свойства масел восстанавливают комбинированными способами. Подробнее сущность упомянутых выше способов изложена в специальной литературе.

Одним из путей утилизации отработанных масел является их смешение с сырой нефтью и совместная переработка по полной технологической схеме. Этот способ является наиболее простым и распространенным, но не лучшим вариантом их использования. Повышенная зольность масел и содержание в них высокоэффективных диспергирующих присадок отрицательно влияют на процесс обессоливания нефти. Добавление даже 1 % отработанных масел приводит к быстрому нарушению работы электродегидраторов. Поэтому это количество является фактическим пределом приема масел на нефтеперерабатывающие заводы.

Простым методом подготовки загрязненных и обводненных нефтепродуктов к сдаче на нефтебазы для последующей глубокой очистки, утилизации на самом предприятии или передачи другим организациям является их отстаивание с подогревом в разделочных резервуарах. Этот метод основан на принципе отделения нефти от воды за счет разности их плотностей и возникновения некоторой подъемной силы, действующей на частицы нефтепродуктов. Скорость всплывания частиц зависит от их размеров и сопротивления воды. Для мелких частиц размером в несколько микрон, действие молекулярных сил оказывается соизмеримым с действием подъемной силы и процесс всплытия замедляется.

Подогрев обводненной смеси нефтепродуктов интенсифицируется повышением ее температуры, происходящим из-за различных коэффициентов теплового объемного расширения воды и нефти. С увеличением температуры нефтеводяной смеси объем нефтепродуктов увеличивается быстрее, чем объем воды, в результате чего возрастает подъемная сила, действующая на частицы. Кроме того, при понижении вязкости воды и нефтепродуктов сопротивление воды всплытию частиц уменьшается. Однако при повышении температуры более 70°C начинают проявляться отрицательные факторы (конвективное перемешивание), замедляющие процесс отстоя. В связи с этим нефтеводяную смесь не рекомендуется подогревать выше 60°C. На практике подогрев нефтеводяной смеси обычно ограничивают 25--30°C, так как дальнейшее увеличение температуры связано со значительным расходом пара, эффект же при этом малоощутим.

Переработку отработанных моторных масел по заводской технологии затрудняют содержащиеся в них присадки. Часть присадок, перешедших в нерастворимое состояние, а также часть присадок, абсорбированных на продуктах загрязнений, можно удалить из отработанного масла отстоем или фильтрацией с применением разбавителя и коагулянта. Растворимая или активная, часть присадок может быть в принципе сохранена в масле или продукте его вторичной переработки. Однако это требует сбора и переработки отработанных масел строго по сортам, а также разработки индивидуальной технологии переработки каждого сорта масла. Поэтому при массовом производстве наиболее приемлемым путем выработки регенерированного масла стабильного качества является удаление в процессе переработки всей присадки, в том числе остатков ее активной части. Содержание присадок в моторных маслах составляет 3-15 %, а для основного ассортимента масел -- 2-6 %.

Суммарные потери присадки при ее удалении из масла составляют около 3 % обезвоженного сырья. На основании данных о составе отработанных масел их суммарные потенциальные потери оцениваются следующими цифрами (табл.4.7). Таким образом, из смеси сильно загрязненных отработанных масел можно получить около 70 % полностью восстановленного масла. Для получения регенерированных отработанных промышленных масел по ТУ 112-003-84, а также при необходимости очищенных технологических масел по ТУ 112-023-85 и ТУ 112-026-85 разработана установка УПТМ-8К (рис. 82).

4.7. Примеси в отработанных маслах, %

Продукты	В отдельных партиях	Фактически
Вода и механические загрязнения	2–10	5
Топливные фракции	5–15	10
Смолы и другие растворимые продукты старения	5–20	10
Присадки	2–6	3
Всего:	14–51	28

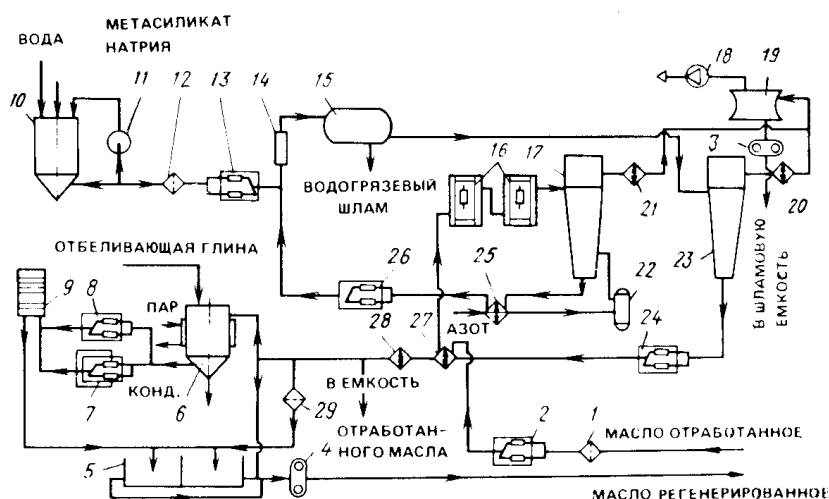


Рис. 82. Функциональная схема установки УПТМ-8К

1 - фильтр грубой очистки; 2 - насос-дозатор НД; 3 - агрегат электронасосный; 4 - узел выдачи готовой продукции; 5 - емкость двухсекционная; 6 - мешалка контактная; 7 - насос плунжерный; 8 - насос-дозатор; 9 - фильтр-пресс; 10 - емкость приготовления коагулянта;

11 - насос ХМ; 12 - фильтр грубой очистки; 13 - насос-дозатор НД; 14 - смеситель; 15 - автоклав-отстойник; 16 - электропечь; 17 - испаритель; 18 - насос вакуумный ВВН1-1.5; 19 - сборник отгона; 20, 21 - холодильник-конденсатор; 22 - адсорбер; 23 - испаритель; 24 - насос-дозатор; 25 - холодильник; 26 - насос-дозатор НД; 27 - теплообменник; 28 - холодильник; 29 - фильтр тонкой очистки

В процессе работы установки отработанное масло насосом 2 через фильтр грубой очистки 1 и теплообменник 27 подается в электропечь 16, в которой нагревается до 200°C и далее подается в испаритель 17, где из масла удаляются вода и легколетучие фракции. Далее масло насосом 26 подается в смеситель 14, куда из емкости приготовления коагулянта 10 насосом 13 подается 20%-ный раствор коагулянта в количестве 2–3 % производительности установки. Перемешанное с коагулянтом масло поступает в автоклав-отстойник 15, где происходит процесс отстаивания продукта и удаления коагулированных частиц. Затем из автоклава-отстойника масло подается во второй испаритель 23 для удаления следов воды. С нижней его части масло насосом 24 через теплообменник 27 и холодильник 28 подается в контактную мешалку 6, а затем в фильтр-пресс 9 для проведения контактной доочистки отбеливающей глиной и удаления механических примесей с размером частиц более 1–2 мкм. Очищенное масло поступает в двухсекционную емкость 5, откуда насосом 4 перекачивается в емкости регенерированного масла либо возвращается на повторную очистку. Для получения технологических масел предусмотрен фильтр тонкой очистки 29. В этом случае масло после испарителя 23, минуя контактную мешалку 6 и фильтр-пресс 9, подается на фильтр тонкой очистки 29, затем в двухсекционную емкость 5, откуда перекачивается в резервуары регенерированного масла.

Техническая характеристика установки УПТМ- 8К

Производительность, л/мин.....	4
Выход очищенного масла, %, не менее.....	85
Установленная мощность, кВт.....	120
Габариты блоков, мм	
максимальные	4000х2000х2400
минимальные	600х150х1800

Регенерация отработанных промышленных и трансформаторных масел производится в основном на местах их потребления. Для этого разработаны различные варианты мас-лорегенерационных установок: УРИМ-0,8; УРИМ-100; УРТМ -200М; УФСН -1 и другие. Для регенерации масел холодильных машин используется установка УРМХМ -1,6.

В ряде случаев жидкие нефтеотходы на основе отработанных масел по своему составу и свойствам не соответствуют нормативным требованиям приема на регенерацию. В табл. 4.8 приведена физико-химическая характеристика нефтесодержащих отходов, получаемых на различных предприятиях.

Как видно из таблицы, нефтепродукты группы СНО, собираемые на очистных сооружениях, в отличие от раздельно собираемых масел групп ММО и МНО по некоторым показателям не соответствуют ГОСТ 21046—86 и должны подвергаться дополнительной обработке или по возможности направляться на сжигание в качестве котельного топлива.

4.10. Обработка смазочно-охлаждающих жидкостей и масляных эмульсий

Широко распространенными слабоконцентрированными нефтеотходами являются отработанные масляные эмульсии, применяющиеся в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при работе металлообрабатывающих станков, прокатных станов и т.д. Масляные эмульсии — это двухфазные системы, в которых одна жидкость диспергирована в другой в виде капелек, т.е. они представляют собой коллоидные растворы, мицеллы которых состоят из мельчайших капель минерального масла, окруженных ионами эмульгатора (органических кислот), которые ориентированы углеводородными радикалами в сторону масла, а карбоксильными группами в сторону дисперсионной среды. Упругая оболочка эмульгатора, окруженная слоем ионов (двойной электрический слой), препятствует разрушению эмульсий, слиянию капель масла.

Масляные эмульсии готовят из различных марок эмульсолов, основой которых является минеральное масло. Приготовление эмульсий заключается в смешении эмульсо-ла с водопроводной водой и содой (5--6 % эмульсола и 0,2" 0,3 % соды). ВНИИВОДГЕО предложена классификация эмульсолов, в основу которой положен вид используемого эмульгатора, так как он является основным компонентом, определяющим устойчивость эмульсий, приготовленных из эмульсолов. Выпускаемые отечественной промышленностью эмульсолы можно разделить на 3 группы: стабилизированные ионогенными эмульгаторами, неионогенными эмульгаторами, одновременно ионогенными и неионогенными эмульгаторами [33]. Наиболее часто применяется в промышленности первая группа эмульсий (эмульсолы марок Э-1(А), Э-2(Б), Э-3(В), Э-Т2, ЭГТ, ЭКС, НГЛ-206, СДМУ, Э, Т и др.). Они представляют собой коллоидные спиртовые растворы, смешивающиеся с водой в любых пропорциях с образованием эмульсий. Вторая группа эмульсий содержит в качестве эмульгаторов ПАВ неионогенного типа, например, типа ОП, представляющего собой полиэтиленгликолевый эфир изоок-тилфенола, содержащий различное количество оксиэтиленовых групп. Наиболее эффективны оксиэтилированные высшие жирные кислоты, спирты, алкилфенолы, так как они не диссоциируют на ионы. Примером эмульсий второго типа являются композиции на основе эмульсолов ИХП-45Э и ИХП-130Э.

4.8. Физико-химическая характеристика жидких нефтесодержащих отходов

Предприятие	Отработанный нефтепродукт	Показатели качества отработанных нефтепродуктов			
		вязкость кинематическая, м ² /с (сСт) при 50°С	температура вспышки, °С	содержание механических примесей, % по массе	содержание воды, % по массе
Нормы по ГОСТ 21046-86					
	ММО	25	Не ниже 100	Не более 2	Не более 4
	МИО	5	120	2	4
	СНО	—	—	3	5
Московское речное пароходство	СНО	7,44	84	0,3	13
Завод "Серп и молот" (нефтеловушка)	СНО	37,8	—	4,8	32,3
АЗЛК (очистные сооружения)	СНО	15	160	7	4
Пушкинский завод ЖБК (очистные сооружения)	СНО	—	220	1,76	46
Первомайская нефтебаза	ММО	21,9	166	0,13	3,4
ГПЗ-1	МИО	20,0	190	0,01	—

К третьей группе относятся эмульсии, содержащие в своем составе как ионогенные, так и неионогенные органические соединения, не являющиеся эмульгаторами, но придающие эмульсии связывающие и антикоррозионные свойства (канифоль, хлорированный парафин, осерненное хлопковое масло). В качестве эмульгаторов там присутствуют калиевые мыла жирных кислот, ОП-4, нефтяной сульфат натрия и синтомид-5.

Все масляные эмульсии, а второй группы в особенности, обладают большой устойчивостью. При обычном отстаивании сроком до 3 мес концентрация масла понижается всего на 10—20 %. Срок службы эмульсий обычно не превышает одного месяца. Их сбрасывают, если они загустели в процессе испарения влаги, а также при накоплении в них большого количества механических примесей и при порче, когда эмульсия приобретает неприятный гнилостный запах.

Ввиду большой устойчивости эмульсий сброс их на общие очистные сооружения предприятий ухудшает качество очистки стоков, поскольку высокоэмульгированные нефтепродукты не задерживаются в отстойниках и проходят через фильтры доочистки. В связи с этим отработанные эмульсии подвергают предварительной обработке путем фильтрования, продувки воздухом, методом бактерицидных добавок, например гексахлорофена с целью предотвращения загнивания. Другим путем обработки эмульсий является их разрушение. Если учесть, что в отработанной эмульсии содержится до 50 г/л минерального масла, а количество сбрасываемых эмульсий в зависимости от типа предприятия колеблется от 1 до 300 м³/сут, то становится очевидным, что отработанные эмульсии представляют собой ценный вторичный продукт, подлежащий утилизации. Так, при сбросе 10 м³ эмульсий в сутки можно извлечь до 0,5 м³ минерального масла. Обследование промпредприятий Днепропетровска, проведенное в 1983 г., показало, что по далеко не полным данным там образуется свыше 12 000 т/год отработанных эмульсий, которые пока безвозвратно теряются. В связи с увеличением количества машиностроительных и металлургических заводов обработка масляных эмульсий стала важной народнохозяйственной задачей.

В настоящее время в той или иной степени применяют следующие методы разрушения эмульсий: реагентная коагуляция, центрифугирование, реагентная напорная флотация, электрокоагуляция, ультрафильтрация и обратный осмос. Применяют также комбинации этих методов.

В процессе центрифугирования под действием центробежных сил при большой частоте вращения (фактор разделения не менее 7250) происходит разрушение коллоидного раствора, и частицы, имеющие меньшую плотность (масло), отделяются от основной водной среды. Для облегчения этого процесса следует удалить гидратную оболочку с поверхности мицелл, что делают путем добавки к эмульсии кислоты. При наличии центрифуг в кислотостойком исполнении процесс ведут в одну ступень: эмульсию подкисляют до $\text{pH} = 1-2$, после чего под действием центробежных сил она разрушается и полностью разделяется. С

использованием обычных центрифуг процесс ведут в две стадии: эмульсию подкисляют до $\text{pH} = 7$ и обрабатывают в центрифуге, в результате чего удаляется до 80 % масла. Оставшуюся нефтесодержащую жидкость доочищают путем флотации или каким-либо другим методом.

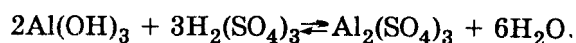
Реагентная обработка заключается в добавлении к эмульсии сернокислого алюминия, хлорного или сернокислого железа и последующем отстаивании. Реагенты применяют в сочетании с известковым молоком или едким натрием. Дозы реагентов большие -- 7--8 г/л. Таким методом можно практически полностью разрушить эмульсию, однако при этом образуется до 20--30 % осадка, который трудно удаляется и обрабатывается. При напорной флотации эмульсии применяют те же реагенты и в таких же дозах. Преимущество метода флотации перед реагентной обработкой с последующим отстаиванием заключается в большем удобстве удаления образующегося осадка, который увлекается пузырьками воздуха и всплывает на поверхность флотатора в виде пены. Основные параметры процесса следующие: давление насыщения воздухом -- 0,4 МПа, время насыщения -- 5 мин, время уплотнения пены -- 30 мин.

Для разрушения эмульсий может использоваться также метод электрокоагуляции. Он почти не требует затрат реагентов, но потребляет значительное количество электроэнергии, а также металлов. Небольшое количество реагентов расходуется только на установление определенного значения pH обрабатываемой эмульсии. Материальные затраты при этом методе примерно такие же, как и при методе напорной флотации, однако он требует высокой квалификации обслуживающего персонала. Метод связан также с частой заменой электродов, необходимостью их периодической очистки от зарастания гидроксидом металла и отложений масла. Часто происходят пробои электродов, в результате чего они выходят из строя. По некоторым данным, эффективен метод использования ультрафильтрации и обратного осмоса для обработки СОЖ. Так, положительные результаты получены при разрушении СОЖ на основе эмульсолов повышенной устойчивости (типа Аквол). Для ультрафильтрации применялись мембраны УАМ различной пористости (50, 150, 200 и 300). Конструкция установки -- типа фильтр-пресса. В то же время метод обратного осмоса для эмульсолов типа Аквол, испытанный на стендовой установке с ацетилацетилцеллюлозными мембранами МГА-95, не был признан удовлетворительным из-за отсутствия эффективного способа восстановления разделяющей способности мембран.

Следует отметить, что описание параметров процессов ультрафильтрации и обратного осмоса для разделения СОЖ встречается редко. Для проведения процессов необходимо знать влияние продолжительности работы на производительность и разделяющую способность мембран, а также влияние характеристик и рабочего давления на время эксплуатации мембран, способы регенерации и очистки мембран и т.д. Фактором, сдерживающим широкое применение этого способа, является также дефицит высококачественных мембран отечественного производства.

Из анализа методов разрушения эмульсий видно, что всем им присущи определенные недостатки. Во ВНИИВОД-ГЕО была разработана рациональная схема, в которой использовано сочетание этих методов. При разработке схемы преследовались следующие цели: уменьшение дозы реагентов, снижение объема образующегося осадка, увеличение степени очистки стоков, возврат извлеченного масла и реагентов.

Согласно предложенной схеме, эмульсия накапливается в сборной емкости и подается в отстойник, куда дозируется серная кислота до величины $\text{pH} = 7$, после чего эмульсия отстаивается от масла и взвесей. Под действием серной кислоты в небольших дозах масло само не выделяется. Всплывает только то масло, которое выделилось в процессе работы станков или другого оборудования. Затем эмульсия поступает на центрифугирование, где она разрушается и при этом удаляется 85--90 % масла. В качестве центрифуги можно использовать саморазгружающийся центробежный сепаратор УОВ-602К-2 или отстойную центрифугу марки ОМД 802-К, выпускаемую заводом "Курганармхиммаш". Это масло может использоваться в качестве топлива или для приготовления свежих эмульсолов. После этого частично очищенную эмульсию направляют на реагентную флотацию или на электрофлотацию. Образовавшаяся при этом пена подается в сборник, где уплотняется, а затем разрушается серной кислотой. Объем пены составляет 17-20 % объема обрабатываемой эмульсии. Пена представляет собой гидроксид металла (алюминия или железа, в зависимости от типа коагулянта), на частицах которого сорбировано минеральное масло -- органические кислоты, выделенные из эмульсии в процессе ее коагуляции. Пена имеет следующий состав: гидроксид алюминия -- 6 %, минеральные масла и органические кислоты -- 22 %, вода -- 12 %, воздух -- 60 %. При растворении пены в серной кислоте гидроксид алюминия превращается в сернокислый алюминий по реакции



Минеральные масла и органические кислоты всплывают на поверхность, отстаиваются и направляются на регенерацию.

Дозу серной кислоты рассчитывают по формуле

$$D = 0,903NM, \text{ кг},$$

где N -- объем пены, м³; M -- количество использованного сернокислого алюминия, кг/м³.

При этом регенерируется коагулянт -- сернокислый алюминий, который может быть использован вновь в процессе реагентной флотации.

Принципиальная схема промышленной установки для разрушения отработанных масляных эмульсий конструкции ВНИИВОД-ГЕО показана на рис. 83. По этой схеме отработанная масляная эмульсия из цеха поступает в отстойник, куда подается из дозатора серная кислота. Эмульсия перемешивается с серной

кислотой при помощи сжатого воздуха. При этом pH эмульсии снижается до 6-7. Смесь отстаивается. Всплывшее масло направляется в сборник, осевший шлам -- в сборник шлама, а эмульсия -- на сепаратор, где происходит ее разрушение. При этом извлекается 80-90 % поступающего в сборник масла. НИИхиммашем предложен для промышленного использования саморазгружающийся центробежный сепаратор УОВ-602 К-2, изготавливаемый заводом Уралхиммаш (Свердловск). Частично освобожденная от пены эмульсия подается на флотационную установку, где осуществляется вторая ступень очистки -- коагуляция и флотация раствора. Реагенты смешиваются до определенной концентрации с водой и перекачиваются в дозировочные бачки, откуда поступают в смеситель. Затем смесь подается в ресивер для насыщения воздухом, после чего выпускается во флотор. В результате перепада давления во флотаторе растворенный воздух выделяется в виде пузырьков, которые прилипают к частицам осадка и выносят их на поверхность, образуя при этом пену. Затем пена уплотняется и сливается в сборник. Осветленная жидкость нейтрализуется гидроксидом натрия, содой или известью до pH = 7, сбрасывается в канализацию или на заводские очистные сооружения.

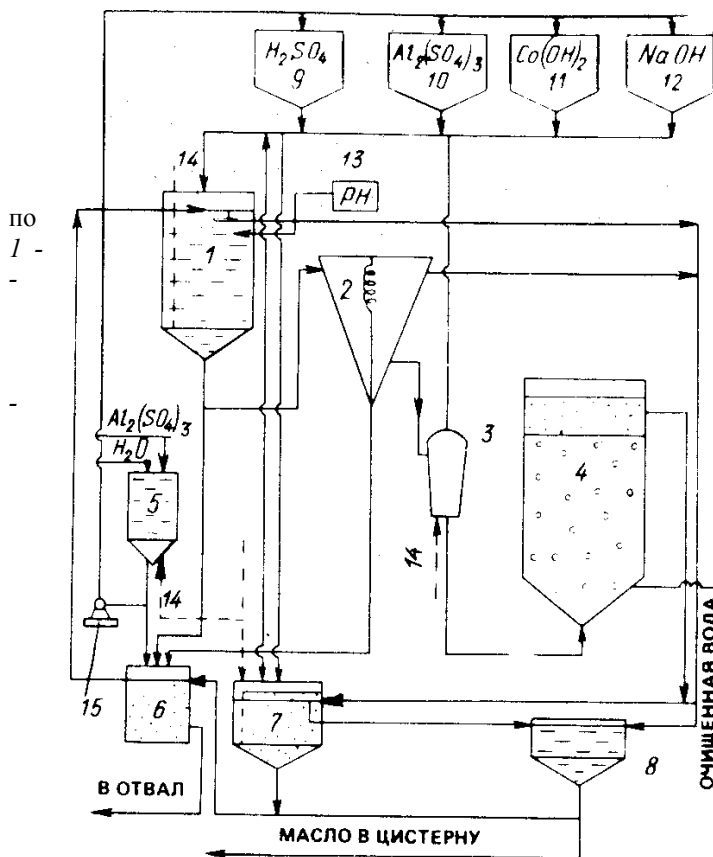


Рис. 83. Принципиальная схема установки разрушению отработанных эмульсий
отстойник; 2 - сепаратор; 3 - ресивер; 4 флотор; 5 - бак для растворения коагулянта; 6 - сборник шлама; 7 - сборник пены; 8 - сборник масла 9-12 - дозаторы коагулянтов; 13 - pH-метр; 14 сжатый воздух; 15 - насос

Пена отстаивается в сборнике сутки, обрабатывается серной кислотой, перемешивается в течение 20 мин и вновь отстаивается 24 ч для отделения всплывшего масла. Полученный коагулянт возвращается в растворный бак или непосредственно в дозировочный бачок. Для флотации эмульсий может применяться флотор типа ЦНИИ-5 или ЦНИИ-10 конструкции ЦНИИ МПС. Эмульсии первой группы, т.е. стабилизированные ионогенными

эмульгаторами, разрушаются всеми перечисленными выше способами. Для разрушения группы эмульсий, стабилизированных неионогенными эмульгаторами, применяют метод электрокоагуляции (с предварительным разбавлением в 5--6 раз) или метод ультраfiltrации (при небольших расходах продукта). Для разрушения эмульсий, одновременно стабилизированных ионо- и неионо-генным эмульгаторами, рекомендуется предварительная обработка серной кислотой и сернокислым алюминием, а также сернокислой медью [33].

В последнее время получают распространение термические методы обработки эмульсий. Так, во ВНИИ железнодорожного транспорта разработан метод обработки эмульсий в выпарной установке упрощенного типа, работающей за счет тепла отходящих топочных газов ($t = 150\text{--}180^\circ\text{C}$). Действие установки основано на интенсивном испарении капелек жидкости, движущихся в потоке горячего газа, который одновременно распыляет и нагревает обрабатываемую жидкость. Длительные опыты показали, что остаток от выпаривания эмульсии имеет вид густого смазочного масла и содержит 20 % воды, около 80 % органических и 2--3 % минеральных веществ. Теплота сгорания остатков составляет 15 000-36 400 кДж/кг. Имеются данные об эффективном методе комплексной термической переработки СОЖ методом дистилляции с утилизацией водной и масляной части. По этой схеме отработанная эмульсия подается в регенеративный подогреватель, где нагревается до температуры, близкой 100°C . Затем она поступает в роторный пленочный испаритель со ступенчатой поверхностью нагрева. Обезвоженный маслосодержащий остаток собирают в сборнике и используют в дальнейшем как добавку к котельному топливу. Водяные пары охлаждаются в конденсаторе, и в дальнейшем конденсат расходуют на приготовление новых партий СОЖ. Поскольку жесткость воды -- один из основных факторов, отрицательно влияющих на стабильность эмульсионных СОЖ и на их корродирующее действие, то использование парового конденсата, например при приготовлении СОЖ для прокатных станов, значительно улучшает все физико-химические и технологические показатели эмульсий.

Московским энергетическим институтом разработана опытно-промышленная установка производительностью 5 т/ч для обезвреживания промышленных сточных вод и эмульсий, применяемых для обработки цветных металлов. Установка, изображенная на рис. 84, состоит из сборника 1, в который подают из мерника 2 раствор ПАВ для придания сточной воде способности к пенообразованию. Расход ПАВ в зависимости от содержания минеральных солей составляет от 0,24 до 6 г/л. Затем сточная вода из аппарата 1 поступает в уравнительный сосуд 3 для равномерной подачи ее в ствол пеногенераторного реактора 4. Под барботажную решетку пеногенераторного ствола подают природный газ и воздух для превращения стоков в горячую пену, которая поднимается по стволу и поступает в камеру сгорания реактора.

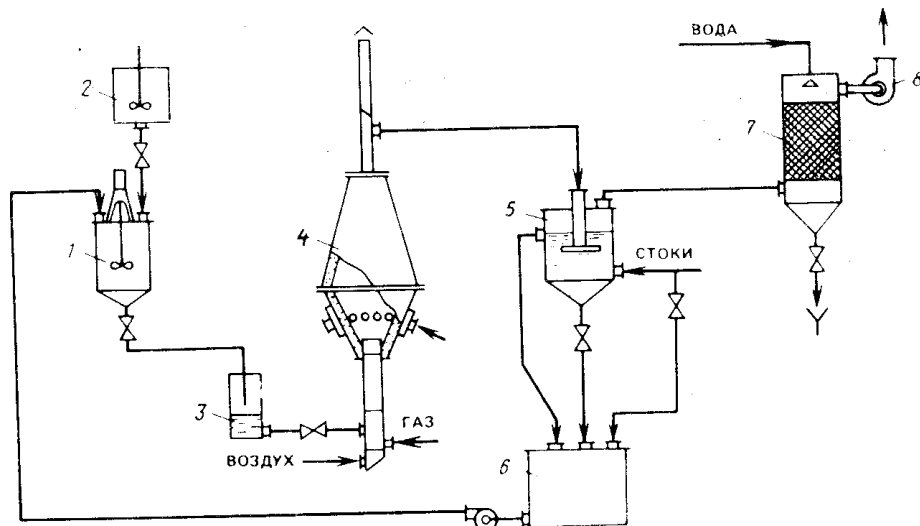


Рис. 84. Технологическая схема термического обезвреживания эмульсий
1 - сборник; 2 - мерник ПАВ; 3 - уравнительный сосуд;
4 - пеногенераторный реактор;
5 - барботажный аппарат; 6 - сборник стоков; 7 - скруббер;
8 - вентилятор

Пеногенераторный реактор состоит из металлического кожуха, внутри футерованного огнеупорным кирпичом. Камера сгорания имеет фурмы для подачи воздуха и электрозапальник, а также верхний штуцер для отвода дымовых газов. Поток пены, поступающий в камеру сгорания, зажигается и равномерно сгорает красноватым пламенем при температуре 1500–1600°C. При этом тончайшие пленки пузырьков, содержащие органические вещества, шламы и загрязнения, термически разлагаются и сгорают с образованием дымовых газов.

Химические анализы показали, что в продуктах сгорания содержится 22–23 % водяного пара, 10–12 % углекислого газа, 75–68 % азота в смеси с воздухом. В дымовых газах отсутствуют вредные вещества органического происхождения, которые содержались в сточной воде, и это позволяет осуществлять выбросы дымовых газов в атмосферу без дополнительной очистки.

В связи с тем, что дымовые газы уходят из реактора с температурой 1100–1200°C, их направляют в барботажный аппарат 5 для предварительного выпаривания промышленных стоков с целью их концентрации и уменьшения подачи в пеногенераторный реактор. Барботажный аппарат позволяет более рационально использовать удельную теплоту сгорания природного газа и получить КПД в пределах 96–98%.

4.9. Технико-экономическая оценка основных методов обезвреживания отработанных СОЖ

Способ обезвреживания	Капиталовложения	Потребность в площади	Производительные затраты	Затраты на обслуживание	Зависимость эффективности метода от типа СОЖ	Необходимость очистки вод до санитарных норм	Регенерация воды	Всего
Очистка отработанных эмульсий установками других предприятий	5	5	1	5	5	5	—	25
Физико-химические способы, коагуляция, электролиз и др.	5	3	3	2	2	2	1	16
Ультрафильтрация, обратный осмос	3	4	5	1	4	3	1	24
Термические методы	1	3	3	4	4	4	5	24

Парогазовую смесь из барботажного аппарата направляют в скруббер 7, где производится ее орошение холодной водой. Пар конденсируется и в виде дистиллята с водой направляется в систему оборотного водоснабжения, а дымовые газы выбрасываются в атмосферу.

Предварительно упаренные сточные воды непрерывно сливаются из барботажного аппарата в сборник б, а затем насосом подаются в аппарат 1 для смешения с ПАВ. Себестоимость обработки эмульсий составляет 3,2 руб/т. В 1988 г. МосводоканалНИИпроект приступил к серии опытно-промышленных экспериментов по сжиганию СОЖ в топках котлов. Предварительные результаты позволяют сделать вывод, что помимо утилизации отходов, здесь имеет место подавление оксидов азота в результате снижения температуры отходящих газов.

В табл. 4.9 на основании зарубежных и отечественных данных приведена технико-экономическая оценка (по пятибалльной системе) основных методов обезвреживания СОЖ.

Как видно из таблицы, наиболее экономически целесообразной для предприятий является централизованная переработка СОЖ на крупных промышленных установках.

Термические методы и методы гиперфильтрации в принципе конкурентноспособны, однако, как уже говорилось, отсутствие высококачественных мембран затрудняет внедрение метода обратного осмоса.

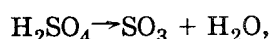
4.11. Обработка и утилизация кислых гудронов

Кислые гудроны получают при сернокислотной очистке масел, парафинов, керосино-газойлевых фракций от ароматических углеводородов, а также при получении сульфонат-ных присадок на стадии сульфирования. Они представляют собой высоковязкие смолообразные массы разной степени подвижности, состав которых приведен в табл. 4.10.

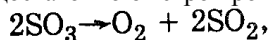
Как видно из таблицы, кислые гудроны, кроме органической массы (представляющей собой смесь сульфированных ненасыщенных углеводородов, продуктов их полимеризации и поликонденсации) и небольшого количества очищенных продуктов, содержат также и свободную, неиспользованную в процессе очистки серную кислоту. Перспективные методы утилизации кислых гудронов следующие:

1. Утилизация кислого гудрона, полученного при производстве парафина, методом высокотемпературного расщепления.

В основе процесса высокотемпературного расщепления лежит реакции термической диссоциации серной кислоты



достаточно быстро проходящая при 400°C и выше. и термической диссоциации серного ангидрида



которая начинается при температуре около 450°C, а при 1200°C становится практически полной.

Необходимая температура процесса (800--1200°C) достигается обычно сжиганием органической части сернокислотных отходов. Процесс разложения кислых гудронов, содержащих более 12--25 % по массе органических примесей, автотермичен. При меньшем содержании примесей тепловой баланс процесса поддерживают подачей дополнительного топлива.

Очистку дымовых газов от сернистого ангидрида можно производить любым способом, описанным в гл. 2.

2. Получение высокосернистого кокса при переработке кислых гудронов (с низким содержанием масел —2 %) от производства сульфонитных присадок. Кислый гудрон на установке "Майли" (Англия) подвергается низкотемпературному расширению и полимеризации органической части на циркулирующем коксовом теплоносителе с образованием кокса и газов деструкции.

Продукция, изготавливаемая из отходов: серная кислота концентрацией 92--94 %; кокс, сернистый газ. Существуют также другие пути использования кислых гудронов. Так, Ярославским политехническим институтом предложен метод получения дорожных битумов из гудронов сернокислотной очистки масел.

4.10. Состав кислых гудронов, получаемых в результате разных процессов

Процессы, в которых образуется отход	Содержание, % по массе к кислому гудрону		
	H ₂ SO ₄	органической массы	воды
Очистка смазочных масел (масляных дистиллятов) серной кислотой	32–49	49–60	2–8
Производство сульфонатных присадок	18	Массы связан- ные Массы свобод- ные	37 2,4
Сульфирование керосино- газойлевых фракций	4–20	86–97	Следы
Очистка парафинов серной кислотой	78–85	8–16	Следы

В результате опытов получены нейтральные битумные массы (БКГ — битумы из кислого гудрона), близкие по свойствам к дорожным и стойким битумам. На основании данных научных исследований, выполненных в институте Горькипропетнефтехим, кислые гудроны, полученные в результате процессов сернокислотной очистки нефтепродуктов, можно использовать для их переработки в активный уголь с одновременной регенерацией серной кислоты, входящей в состав гудрона. В УкрпипроНИИнефти совместно со Львовским НПЗ разработана технология производства ПАВ — сульфам, который можно применять в нефтедобывающей промышленности. На это вещество были разработаны технические условия (ТУ 38 УССР 2-01). Кислые гудроны могут быть использованы для производства ингибиторов, олифы, сиккативов, пластификаторов, асфальто-бетонных смесей и т.д. Специалистами АКХ им. Памфилова предложено применение кислого гудрона в качестве противофильтрационного экрана в основании полигонов ТБО. В процессе разложения ТБО образуется сильно концентрированная жидкость (фильтрат), характеризующаяся высоким содержанием органических веществ, кальция, бария, цинка и т.д. При контакте кислого гудрона с фильтратом происходит нейтрализация кислот с образованием малорастворимых или нерастворимых солей.

По предложенной технологии кислый гудрон наносится слоем толщиной 8–10 мм на естественное грунтовое основание с последующей укладкой защитного слоя из грунта толщиной 20–25 см, а далее отходов. Результаты химических анализов показывают, что качество грунтовой воды, взятой из контрольного колодца, после укладки отходов на карту сравнимо с качеством воды до укладки. Это говорит об отсутствии утечки фильтрата в грунт и, следовательно, о надежности экрана. В табл. 4.11 приведены сравнительные показатели экономичности данного способа по сравнению с общепринятыми методами экранирования глинистым подслоем. При этом следует учитывать, что глиняный карьер находится в районе строительства полигона, а нефтеперерабатывающий завод — на расстоянии 500–550 м.

4.11. Показатели экономичности экранов из кислого гудрона

Показатель	Экран	
	из глины	из кислого гудрона
Расход материала, т	9750	77
Трудоемкость устройст- ва экрана, чел/дн.	2650	14
Стоимость полигона, тыс. руб.	25,5	8,5

Одним из эффективных способов утилизации кислого гудрона является добавка его к клинкеру во вращающихся барабанных печах цементной промышленности. Известковые породы, входящие в состав клинкера, реагируют с избыточной серной кислотой, образуя сернистый кальций, в то время как другие нефтесодержащие компоненты сгорают, выделяя полезную тепловую энергию. Остаточные металлические соединения из присадок оказываются включенными в цемент и не оказывают на него каких-либо специфично отрицательных воздействий.

Другой способ заключается в использовании кислого гудрона в печах для обжига медной руды, причем образующийся диоксид серы контактным способом превращается в серную кислоту, а некоторые осадки переходят в шлак. В этом случае также нефтяные компоненты сжигаются с выделением полезной энергии.

4.12. Обработка шламов нефтеперерабатывающих заводов

Основными отходами нефтеперерабатывающих заводов являются: эмульгированная нефть и нефтепродукты, уловленные в нефтеотделителях систем оборотного водоснабжения, в нефтеловушках и других сооружениях механической очистки сточных вод; нефтяные шламы, представляющие собой донные

осадки всех сооружений механической очистки сточных вод, продукты зачистки резервуаров, флотоконцентрат, собранный на установках каскадноадгезионной сепарации и во флотаторах.

Нефтяные шламы с НПЗ бывают двух видов -- постоянно образующиеся в процессе производства, количество которых составляет до 0,007 т на 1 т перерабатываемой нефти, и застаревшие, которые в течение многих лет накапливаются и хранятся в открытых земляных емкостях -- нефтешламонакопители.

В процессе переработки и очистки нефти и нефтепродуктов на заводах образуется значительное количество механических примесей: продукты коррозии, загрязнения, вносимые или образующиеся в самом процессе переработки и очистки, загрязнения, образующиеся при ремонте и обслуживании аппаратов и оборудования, а также механические примеси, попадающие через неплотности оборудования, загрязнения в виде пыли из окружающего воздуха и т.д.

Анализ данных инвентаризации ПО, проведенный в 1985 г., показал, что в целом по предприятиям ВПО "Союзх-нефтеоргсинтез" образуется более 800 тыс. т токсичных ПО, причем из этого количества обезвреживается или утилизируется примерно около 10 % отходов. Неутилизируемые отходы вывозятся на промышленные свалки, сбрасываются в шламонакопители, отвалы и пруды, загрязняя как воздушный бассейн, так и подземные и поверхностные воды и почвы.

Наиболее крупнотоннажными отходами производств нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий являются нефтешламы и избыточные активные илы с водоочистных сооружений, нефтегрязь после очистки резервуаров и емкостей, кислые гудроны, сернисто-щелочные стоки от щелочной очистки нефтепродуктов, отработанная серная кислота. Согласно данным БашНИИ НП (Уфа), в 1985 г. на предприятиях отрасли и водоочистных сооружениях образовалось 646 тыс. т нефтешламов. Состав нефтешламов неодинаков на различных предприятиях. Согласно данным инвентаризации, содержание нефтепродуктов в нефтешламе Московского НПЗ составляет 3 %, Хабаровского НПЗ - 58 %, содержание механических примесей в нефтешламе Ново-Ярославского НПЗ составляет 3 %, Куйбышевского НПЗ -- до 40 %.

В среднем же принято, что нефтешламы с водоочистных сооружений содержат 20--25 % нефтепродуктов, 65--75 % воды и 5--10 % механических примесей. По данным инвентаризации на предприятиях ВПО "Союзнефтеоргсинтез" накоплено около 4,5 млн. т нефтешлама: п/о "Салаватнефтеоргсинтез" - 913 тыс. т. Уфимский НПЗ им. XXII съезда КПСС - 611 тыс. т, п/о "Омскнефтеоргсинтез" -- 590 тыс. т. и т.д. В настоящее время обезвреживается всего 2,1 тыс. т нефтешламов, что составляет 0,5 % общего количества нефтешлама. Обезвреживание осуществляется посредством сжигания.

Методы обработки нефтесодержащих отходов нефтеперерабатывающих заводов достаточно полно освещены в специальной литературе, поэтому в данном разделе приведены только краткие сведения об основных технологических процессах обработки. Жидкие нефтепродукты, задержанные в нефтеловушках, песколовках, отстойниках, собранные с поверхности шламонакопителей, подвергаются обезвреживанию путем нагрева и отстаивания или центробежным способом. Поступающие на узел разделки нефтепродукты проходят теплообменники, где нагреваются до температуры 60--70°C, после чего следуют в разделочные резервуары для отстаивания. В процессе отстаивания происходит разложение нефтепродуктов на фазы: нефть -- эмульсия (вода с нефтью) -- подтоварная вода. Собранные продукты, содержащие до 2--5 % воды и до 1 % механических примесей, откачивают для переработки на специальных установках совместно с сырой нефтью.

На ряде предприятий отрасли, в частности на Волгоградском НПЗ, построены установки для разрушения ловушечной эмульсии центробежным способом. Установки состоят из пяти сепараторов типа ОРТ-3М-ЛЭП. Однако эти установки не обладают достаточной надежностью. В этой связи большой интерес представляет опыт, накопленный на некоторых нефтеперерабатывающих заводах Англии. По их схеме в голове установки стоят горизонтальные центрифуги со шнековой выгрузкой твердого осадка. Обезвоженный шлам идет на сжигание, а нефтепродукты пропускаются через сепараторы второй ступени и далее поступают на установку ЭЛОУ. Система выделения из шлама нефтепродуктов с помощью центрифугирования успешно работает на НПЗ в ВНР. Применение центрифуг для выделения из нефтешламов твердого осадка и воды на наших НПЗ сдерживается отсутствием износостойчивых и надежных отечественных центрифуг.

У нас в стране проектированием и изготовлением опытного образца центрифуги с антикоррозионным покрытием и во взрывобезопасном исполнении занимается Минхиммаш СССР. В Миннефтехимпроме СССР намечена программа по комплексному решению вопроса переработки нефтешлама с целью выделения нефтепродуктов и сжигания сгущенного нефтешлама совместно с твердыми отходами НПЗ. Эта программа намечает:

в 1988--1989 гг. провести реконструкцию существующих установок сжигания нефтешлама с вращающимися барабанными печами с дооборудованием их котлами-утилизаторами в п/о "Омскнефтеоргсинтез", п/о "Салаватнефтеоргсинтез", на Уфимском, Ново-Горьковском, Новополюцком НПЗ;

в 1990 г. разработать рабочую документацию проектов модульных установок переработки нефтешлама с выделением нефтепродуктов с использованием трехфазных центрифуг с гидроприводом и сжиганием сгущенного нефтешлама совместно с избыточным активным илом, а также с использованием вращающихся барабанных печей с котлами утилизаторами (одна технологическая линия);

в 1990--1995 гг. осуществить строительство модульных 282 установок на предприятиях по плану их технического перевооружения.

Эмульгированные нефтеотходы могут обезвреживаться различными термическими способами -- сжиганием с утилизацией или без утилизации тепла, пиролизом. ВНИИнефте-химом совместно с Ленгипрогазом и Киришским НПЗ был разработан новый способ переработки отходов нефтехимических

производств, позволяющий максимально извлекать содержащиеся в них продукты и тем самым значительно снизить затраты на обезвреживание.

В основу разработанной схемы положена термическая обработка нефтеотходов на движущемся твердом теплоносителе, например гранулированном высокоглиноземистом шамоте при $t = 350\text{—}750^\circ\text{C}$. В результате контакта с движущимся теплоносителем нефтепродукты и вода испаряются, при этом нефтепродукты подвергаются частичному разложению (пиролизу). Механические примеси и смолообразные продукты осаждаются на теплоносителе и непрерывно выводятся из реакторов в сепаратор-нагреватель, где они легко отделяются и затем улавливаются в циклоне, а нагретый теплоноситель вновь возвращается в реактор. Образовавшаяся парогазовая смесь при охлаждении конденсируется в присутствии деэмульгатора.

Конденсат, содержащий нефтепродукты и воду, разделяется путем отстаивания, вода сбрасывается в канализацию, а нефтепродукты направляются на переработку. Газ используется для нагрева теплоносителя.

Основным методом термического обезвреживания нефтесодержащих шламов остается их сжигание. В настоящее время нефтешламы сжигаются на Уфимском НПЗ (работает камерная печь с ротационной форсункой производительностью 2,7 т/ч). Кременчугском НПЗ (камерная печь фактической производительностью 2,5 т/ч с ротационной форсункой), Ново-Ярославском НПЗ (печь производительностью 0,5 т/ч с ротационной форсункой по типу печи, работающей на Уфимском НПЗ), п/о "Ангарскнефтеоргсинтез" (барботажная печь производительностью 2,5 т/ч конструкции Ивановского энергетического института). Построена печь по сжиганию нефтешлама на Ново-Горьковском НПЗ. Разработаны проекты установок по сжиганию нефтешламов с использованием вращающихся печей для Волгоградского НПЗ, п/о "Грознефтеорг-синтез", Орского, Куйбышевского, Московского НПЗ. Институтом БашНИИ НП разработан регламент на проектирование установки по сжиганию нефтешлама совместно с избыточным активным илом производительностью 5 т/ч с утилизацией тепла.

4.13. Обезвреживание отходов нефтехимических производств и кубовых остатков

Твердые отходы нефтехимических предприятий включают в свой состав разнообразные вещества органического происхождения. К твердым отходам нефтехимического синтеза относятся: ветошь, пропитанная органическими веществами, активный уголь, иониты и другие адсорбенты, смолы, тяжелые металлы, их соли и оксиды, сульфиды, сульфаты, твердая часть нефтяных шламов, избыточный активный ил станций биологической очистки и осадки сточных вод.

При механической очистке производственных сточных вод образуются шламы и пастообразные осадки, которые необходимо обрабатывать с целью утилизации или ликвидации. Осадки обычно накапливаются в специально оборудованных шламонакопителях. В настоящее время получили распространение методы интенсивной обработки осадков: механическое обезвоживание на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах и на центробежных сепараторах. Обезвоженные осадки и шламы в зависимости от их состава ограниченно используются в промышленности, а в большинстве случаев вывозятся в отвал. В случае содержания в осадках токсичных веществ их подвергают термическому обезвреживанию или захоронению. Методы обезвреживания твердых отходов нефтехимических производств приведены в табл. 4.12.

К жидким отходам кроме сточных вод относятся кубовые остатки и различные некондиционные жидкие продукты. Кубовыми остатками называются жидкие продукты, образующиеся в технологических процессах (при выпаривании, экстракции, ректификации, фильтрации и т.д.). Использование их при современном развитии техники практически невозможно: из-за высокого содержания токсичных органических и минеральных веществ они должны быть обезврежены. Некондиционные продукты — это жидкости, не соответствующие ТУ и ГОСТам; использование и переработка их экономически нецелесообразны.

Кубовые остатки и некондиционные продукты по количеству и составу чрезвычайно разнообразны. Для правильного выбора способа обезвреживания их классифицируют следующим образом:

по составу -- содержащие только органические вещества, содержащие только неорганические вещества, содержащие как органические, так и неорганические вещества;

по физическим свойствам -- органические вещества, обладающие высоким давлением паров и температурой кипения ниже 120°C , органические вещества с температурой кипения $120\text{—}250^\circ\text{C}$, органические вещества с температурой кипения выше 250°C ; неорганические вещества с высокой температурой плавления или разложения, причем значение ее выше температуры сгорания органических продуктов.

4.12. Методы обеззараживания твердых отходов нефтехимических производств.

Отходы	Метод обезвреживания
Строительный мусор	Организованная свалка
Древесина, земля, песок, загрязненные нефтепродуктами	То же
Полимерные материалы	— ” —
Осадки минеральных солей, шлаки	Отвал
Промышленные твердые отходы химических производств (органические вещества с температурой плавления выше $30\text{—}40^\circ\text{C}$)	Сжигание
Осадки сточных вод	Обезвоживание, использование, отвал, сжигание
Отработанный активный уголь	Сжигание
Отработанные иониты	— ” —
Нефтяной шлам	— ” —

Обезвреживание кубовых остатков производится с учетом следующих факторов: количества кубовых остатков и неконденсированных продуктов; экономичности процесса обезвреживания; возможности дальнейшего использования.

Названные отходы из-за сложного состава и разнообразия химических веществ, относящихся к различным классам соединений, не удастся обезвредить механическими или химическими методами. Наиболее распространены как в нашей стране, так и за рубежом термические методы обезвреживания. Метод термического обезвреживания выбирается в зависимости от наличия у предприятия необходимых энергоресурсов (пара, топлива, сжатого воздуха, электроэнергии) и катализаторов. Один из этих методов -- сжигание в печах различной конструкции. В результате сжигания все органические вещества, входящие в состав отходов, полностью окисляются кислородом воздуха до нетоксичных соединений.

ГЛАВА 5. ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ПО И ЗАГРЯЗНЕНИЙ

.....	169
5.1. Сбор и транспортирование ПО и загрязнений	169
5.2. Складирование и захоронение ПО на свалках, полигонах ТБО, поверхностных и подземных хранилищах	176
5.3. Сжигание ПО совместно с бытовым мусором	179
5.4. Обработка и утилизация ПО и загрязнений на специализированных полигонах	180
5.5. Переработка и утилизация ПО по полной заводской технологии	184

5.1. Сбор и транспортирование ПО и загрязнений

В настоящее время в мировой практике наметилась тенденция перехода к централизованной обработке ПО на полигонах и предприятиях с заводской технологией обезвреживания и утилизации образующихся полезных вторичных продуктов, в том числе отходящего тепла от процессов сжигания. Заводская технология переработки отходов, особенно производящая тепловую электрическую энергию, потребляемую сторонними организациями, предполагает наличие четкой регламентированной системы сбора и систематической доставки исходного сырья, в данном случае ПО, отчасти являющихся топливом [27].

Большой опыт в области сбора, транспортирования и обработки отходов по заводской технологии накоплен в странах Западной Европы и США [6, 26, 35, 36, 37]. Одной из первых стран, внедривших комплексную централизованную систему сбора, транспортирования, переработки и утилизации ПО и загрязнений в масштабах всей страны, стала Дания, которая является сравнительно небольшой, развитой в промышленном отношении европейской страной с населением более 5 млн. человек. Большое количество промышленных предприятий, в технологических процессах которых образуются значительные отходы, создают опасность загрязнения окружающей среды, что для Дании, являющейся одним из крупных поставщиков сельскохозяйственной продукции для многих европейских стран, совершенно недопустимо. Указанные обстоятельства вынуждают правительственные органы принимать строгие меры в области охраны окружающей среды и обезвреживания ПО в масштабе страны.

В настоящее время сбор и обезвреживание отработанных нефтеотходов, а также ПО химического происхождения осуществляется в Дании, в основном, централизованно и регулируется государственным законодательством. В соответствии с этим каждое предприятие, где образуются ПО, обязано уведомлять местные органы власти о количестве и составе этих отходов, а также принимать меры по вывозу или обезвреживанию методами, рекомендованными санитарными органами. При этом местные муниципалитеты, при необходимости, должны обеспечить предприятия специальными транспортными средствами для доставки отходов в установленные пункты сбора, находящиеся в их подчинении. Местные власти 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 этим предприятиям не предъявляется требование производить соответствующую обработку и обезвреживание отходов на месте их образования. Это небезопасно с точки зрения загрязнения окружающей среды и невыгодно экономически. В связи с этим было принято решение о необходимости создания в стране предприятия по централизованной обработке загрязненных масел, химических и других ПО. Соответствующие мероприятия были проведены в жизнь. Муниципалитеты Дании сообща на долевых началах создали компанию "Коммуникеми А/С". Первым этапом деятельности этой компании явилось выявление общего количества отходов и их классификация по качественным признакам. Это позволило определить мощность проектируемого завода, количество и места промежуточных пунктов сбора, количество и характер транспортных средств. Было установлено, что за год с разных предприятий страны на переработку может поступить около 80 тыс. т отходов. Эти отходы были разделены на 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 химические отходы (химические продукты, остатки от перегонки нефтепродуктов, отходы дегтя, битума, животного клея, остатки пестицидов, отходы фармацевтического производства и т.д.) -- 10 тыс. т;

жидкие хлорированные углеводороды, содержащие галогены (растворители и их смеси) -- 1 тыс. т;

неорганические химические отходы в твердой форме или водном растворе (закалочные соли, отработанные жидкости из ванн производства гальванопокрытий, отработанные кислоты из травильных ванн, жидкий осадок, содержащий гидрооксиды 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 фирмой "Коммуникеми" система сбора и доставки отходов обеспечивает:

соблюдение законодательства;

уведомление о наличии отходов, подаваемое в муниципальный совет;

транспортирование на пункт сбора;

декларацию об отходах ;

транспортирование с централизованного пункта сбора на станцию "Коммуникеми".

Промышленные предприятия, на которых образуются ПО, должны уведомить об этом муниципальный совет. Уведомление должно содержать информацию относительно типа, объема и упаковки отходов.

Система приема ПО основана, в принципе, на централизованном сборе, т.е. сборе отходов определенного района, округа или части округа. В настоящее время в стране действует 23 центральных пункта сбора отходов. Поскольку большая часть отходов доставляется на станцию "Коммуникеми" по железной дороге, места нахождения пунктов сбора отходов зависят от близости железной дороги. При отсутствии железной дороги предусматривают ее строительство по доступной цене.

Центральный пункт сбора отходов имеет железнодорожный путь для 2—4. железнодорожных вагонов. Вагоны являются собственностью станции "Коммуникеми" (всего их 115). Вдоль небольшого участка железнодорожного пути построен пандус, на одном конце которого хранятся в закрытом виде упакованные невоспламеняющиеся отходы, а на другом --упакованные невоспламеняющиеся токсичные отходы. Когда накапливается много отходов, подают и загружают грузовой вагон. Вагоны-цистерны, прибывающие на центральный пункт сбора и содержащие жидкие отходы, опорожняются в специально отведенном месте, откуда отходы перекачивают или транспортируют по стационарному трубопроводу в железнодорожные вагоны.

Отходы из масло- и бензиноуловителей, содержащие, как правило, много воды и легко разделяющиеся на масляную и водную фазы, перекачивают в специальный резервуар, где происходит их сепарация путем отстаивания. Из отстойника вода сбрасывается в центральную канализационную систему, имеющую маслоуловитель.

Часто при опорожнении цистерн, содержащих жидкие отходы, остается осадок. Поэтому на центральном пункте сбора сооружен бетонный резервуар, куда удаляется неперекачиваемый осадок вместе с остатками жидкости. Из резервуара жидкие отходы перекачиваются в железнодорожные вагоны с помощью погружных вихревых насосов с регулируемым уровнем, 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 транспортирования ПО может быть следующей:

транспортирование на центральный пункт сбора или станцию "Коммуникеми";

транспортирование на центральный пункт сбора, осуществляемое централизованной системой;

транспортирование с центрального пункта сбора на станцию "Коммуникеми".

По закону промышленные предприятия обязаны удалять ПО независимо от их количества. Отходы доставляются на центральные пункты сбора, которые располагаются на расстоянии не более 50 км от местных пунктов.

Промышленные предприятия, на которых образуется большое количество отходов, часто используют специализированные грузовики или цистерны, в других случаях отходы удаляются подрядчиками в таре, в которой доставляется сырье. Транспортирование отходов осуществляется специальными фирмами. Большие объемы аналогичных отходов часто транспортируются в вагонетках (отходы из масло- и бензиноуловителей), в вагонах-цистернах (жидкие химические отходы) или в контейнерах (пастообразные отходы, осадок, кеки). Для промышленных предприятий, на которых образуется большое количество отходов, транспортирование может осуществляться по железной дороге, если предприятие имеет подъездные пути.

Национальное Агентство по охране окружающей среды рекомендовало принять общественную систему сбора отходов, так как при этом облегчается контроль за транспортным оборудованием и упаковкой, соблюдаются правила техники безопасности; кроме того, система сбора эффективнее системы частной доставки.

Для того чтобы обработка отходов на станции "Коммуникеми" осуществлялась безопасно для окружающей среды, необходимо иметь достаточно информации о типе и характеристике отходов. Поэтому каждое предприятие, отправляющее отходы, должно заполнить декларацию на каждый тип отходов. Декларация учитывает семь основных групп отходов. Кроме того, следует указать группу, к которой принадлежит отходы. Соответствующая буква и номер декларации должны быть написаны на всех контейнерах, содержащих отходы, чтобы персонал приемного пункта на станции "Коммуникеми" мог определить, к какой группе отходы относятся и какую обработку они должны пройти. Тара, в которой перевозятся отходы, должна иметь этикетки, предупреждающие о характере отходов.

В декларации указывают характеристики и компоненты отходов, а также процесс, в результате которого они образовались. Указывают способ транспортирования, число контейнеров и их тип, название, адрес и телефон предприятия, а также имя ответственного лица на предприятии, которое в случае необходимости может дать более подробную информацию относительно характеристик и состава отходов. Декларацию подписывает лицо, ответственное за правильность данной информации, а также за оплату сбора, за переработку отходов.

К декларации прилагают инструкцию по ее заполнению. Кроме инструкции указывают также условия приема отходов. Сопроводительные карточки разработаны для каждого из 51 вида химических отходов. Эти карточки вручаются водителю автотранспорта. На карточках указывают различные химические и физические данные по отходам, рекомендации относительно правильной упаковки, маркировки, транспортирования отходов, мер безопасности. Карточки направляют в организацию, занимающуюся транспортированием отходов, на станцию обработки отходов и муниципальную службу сбора (центральные и другие пункты сбора отходов).

Аналогичная система сбора и транспортирования ПО принята в Финляндии, где в г. Рийхимяки близ Хельсинки функционирует завод для централизованной переработки отходов в масштабе страны -- А/О

"Суомен Онгелмаяте". Годовое производство ПО в Финляндии составляет 150 тыс. т. В большинстве это отработанные масла, растворители, отходы, содержащие тяжелые металлы и т.д. Высшее руководство и контроль за управлением системы сбора, транспортирования и обработки отходов принадлежит министерству охраны окружающей среды. В губерниях управление и контроль принадлежат губернскому правлению [31].

На местном уровне за общую организацию сборов, транспортирования и обработки отходов отвечает коммуна. Производитель ПО должен отвечать за их безупречную упаковку и хранение, а также за маркировку отходов в соответствии с отдельными указаниями. Кроме того, он должен обеспечивать передачу достаточной информации, необходимой для переработки отходов. С учетом этого составляется бланк заказа фирмы. Производитель ПО должен обеспечивать их безопасное транспортирование установленным способом. Если отходы по какой-либо причине не будут приняты на месте обработки, то водитель должен вернуть их производителю.

Коммуна должна организовать приемку, хранение, обезвреживание доставленных отходов. Для этой цели она организывает приемные пункты для отходов, которые должна обслуживать и контролировать надлежащим образом. Производитель отходов должен составить план по организации их сбора, транспортирования и переработки. План следует подать органам власти данной коммуны, которые при необходимости просят отзыв от отдела здравоохранения и окружной конторы водного хозяйства и представляют план вместе со своим отзывом губернскому правлению. В плане должны быть разъяснены способы организации сбора, транспортирования, обработки и эксплуатации отходов, а также связанные с ними рекомендуемые меры, направленные на охрану окружающей среды. Перевозка и обработка ПО не допускается без разрешения губернского правления. Без разрешения производитель отходов может, однако, их обрабатывать при условии, что обработке подвергается лишь небольшая часть всего объема отходов.

По закону разрешается ввоз и вывоз отходов за пределы страны. Для этого необходимо подать заявку в министерство охраны окружающей среды за 30 сут до осуществления ввоза или вывоза. Министерство может не разрешить ввоз или вывоз сложного отхода, если возникло подозрение о том, что транспортирование или обработка отходов не будет соответствовать требованиям охраны окружающей среды или организации сбора, транспортирования и обработки отходов.

Нарушение закона о сборе, транспортировании и обработке ПО или изданных на его основании постановлений и распоряжений может привести к различным наказаниям. Если нарушения закона наносят вред здоровью человека, окружающей среде или если значительно нарушается гармоничность жизненной среды человека, нарушитель закона может быть приговорен к заключению на срок до двух, а в особых случаях до шести лет или обложен крупным штрафом. Кроме того, работы или меры по устранению или уменьшению ущерба могут быть выполнены за счет виновного предприятия.

В настоящее время в мировой практике используются четыре основные принципиальные схемы доставки ТБО и ПО, которые часто комбинируются между собой и дополняют друг друга. По первой схеме сбор отходов производится автомобильным транспортом, доставляющим их непосредственно на места обработки или на перегрузочные станции, где они уплотняются и перегружаются на большегрузные автомобили. При этом предпочтение отдается перевозке отходов в контейнерах. По второй схеме погрузка осуществляется в железнодорожные цистерны, вагоны, полувагоны или на платформы. Здесь также уделяется большое место контейнерному способу перевозок.

Полная стоимость перевозки по железной дороге зависит от пунктов отправки и назначения, маршрутов перевозок, объема отходов, типа вагонов. При этом существенно удешевляется перевозка отходов в вагонах большой грузоподъемности [12].

На рис. 85 показано изменение себестоимости в зависимости от расстояния перевозок (по данным НИиПИ Генплана Москвы).

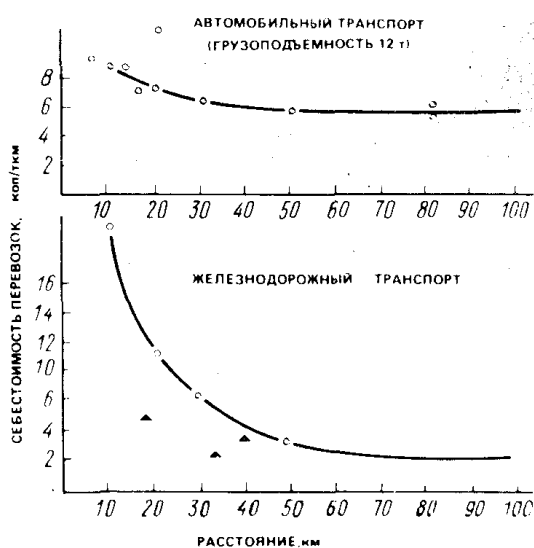


Рис. 85. Изменение себестоимости перевозок (коп/ТКМ) в зависимости от расстояния перевозок

Третьей системой предусмотрен вывоз отходов из города водным транспортом. В течение многих лет большое количество отходов и загрязнений, собираемых в Лондоне, грузят на баржи и вывозят по реке Темзе. Таким способом удаляется около 700 тыс. т отходов ежегодно. Водным путем транспортируют отходы в Антверпене, Женеве, Гамбурге, Роттердаме. Опыт по использованию водного транспорта для перевозки загрязнений имеется и у нас в стране. Так, Мосгориспол комом было проведено удаление загрязненных донных отложений и отмелей Москвы-реки землечерпательными снарядами. За четыре года на участке в 18 км вынута и перевезена баржами в

установленные места свалок свыше 4 млн. м³ отложений, загрязненных нефтепродуктами и другими техническими веществами.

Помимо железнодорожного и автомобильного транспорта, отходы могут доставляться на место переработки контейнерным пневмотранспортом по трубам, проложенным на земле, под землей или под водой. Такой вид транспортирования отходов конкурентоспособен с другими видами при определенных городских условиях, хотя исследования Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова и Института комплексных транспортных проблем показали, что в целом он значительно уступает традиционным видам транспорта. Пневмотранспорт используют преимущественно для удаления ТБО, для транспортирования же ПО он применяется еще не в достаточной степени.

В СССР сбор токсичных ПО на предприятиях-поставщиках для их последующей перевозки на полигоны регламентируется следующими нормативными документами: "Предельное количество накопления токсичных ПО на территории предприятия (организации)", утвержденными Министерством здравоохранения СССР, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерством геологии СССР в 1985 г.; "Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов. Санитарные правила", утвержденные Главным санитарным врачом СССР 29 декабря 1984 г. N 3183-84.

Способ сбора и временного хранения отходов определяется их физическим состоянием и классом опасности веществ --компонентов отходов. При наличии в составе отходов веществ различного класса опасности отнесение отходов к категории токсичности производится на основании нормативного материала АН СССР и Минздрава СССР "Предельное содержание токсичных соединений в промышленных отходах, обуславливающее отнесение этих отходов к категории токсичности" (N 3170-84).

Временное хранение ПО на территориях 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.

В местах хранения отходов следует механизировать погрузку отходов в специализированный автотранспорт полигона. Для откачки жидких и пастообразных отходов из емкостей в специализированные автоцистерны предусматривается установка насосов или проведение других мероприятий (передавливание, вакуумные системы и т.п.)

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

Транспортирование токсичных ПО на место централизованной обработки, как правило, осуществляется специальным автотранспортом. Допускается транспортирование жидких горючих органических отходов 3-го и 4-го 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 автомобильным транспортом", утвержденной приказом МВД СССР от 23 сентября 1985 г. Тем самым устанавливается порядок перевозки опасных грузов автомобильным транспортом по дорогам, открытым для общего пользования, независимо от их ведомственной принадлежности, на всей территории СССР и определяются основные требования к организации, техническому обеспечению и безопасности перевозок.

В соответствии с ГОСТ 19433—81 к опасным грузам относятся вещества и предметы, которые при транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и хранении могут послужить причиной взрыва, пожара или повреждения транспортных 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, перевозку которых можно считать как перевозку неопасного груза, определяется на основе положений Европейского соглашения о дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) или других нормативных документов и указывается в правилах или технических условиях на перевозку данного вида груза. Указанная Инструкция регламентирует взаимоотношения между грузоотправителем и грузополучателем, определяет порядок выбора и согласования маршрута перевозки опасных грузов, организацию передвижения транспортных средств.

Стремление снизить транспортные расходы на перевозку грузов, повысить коэффициент использования автомобильного шасси привело к созданию целой серии машин со сменными кузовами. Наибольших успехов в этой области добилась фирма "Партек" (Финляндия). Механизмы сменного кузова монтируются на обычных автомобильных шасси и прицепах. Фирма "Партек" выпускает три основные серии механизмов: CL (тросовый привод), ML (цепной привод) и HL (подъемный крюк). Кроме того, изготавливаются устройства типа H/L, которые устанавливают на любом механизме сменного кузова и позволяют поднимать кузов на высоту около 2,5 м. Механизм CL различной грузоподъемности поднимает кузов и опускает его на землю с помощью двух тросов, имеющих петли, за которые закрепляют крюки сменного кузова. Механизм может быть укомплектован устройством трехстороннего действия, обеспечивающим опрокидывание кузова назад и в обе стороны. На опрокидывающей раме закреплены гидромотор и тяговая лебедка.

В качестве тягового элемента механизмов серии ML используют бесконечную приводную цепь, к которой прикреплена подъемная цепь с крюком, смонтированным на подъемной балке сменного кузова.

Механизм МЛ может подавать кузов в горизонтальном направлении на погрузочную платформу или прицеп. Подъем кузова на машину длится от 20 до 40 с в зависимости от грузоподъемности механизма.

Механизмы серии НЛ предназначены для установки на двух-, трех- и четырехосных автомобилях и рассчитаны на нагрузку от 3 до 20 т. Вместо тросов или цепей кузова поднимаются или опускаются с помощью гидроцилиндров. Механизмы обеспечивают автоматическое зацепление и отцепление крюка, что позволяет управлять ими из кабины. Металлоконструкция механизма устанавливается на отдельной раме, упрощая его монтаж на автомобиле. Устройства НЛ осуществляют подъем сменного кузова и его опрокидывание с помощью рычажной системы с приводом от гидроцилиндров. Механизм изготавливают различной грузоподъемности (от 8 до 20 т).

Для сбора и транспортирования различных материалов выпускаются сменные кузова-контейнеры. Отходы могут перевозиться в контейнерах типа Н, НЛ, L и S. Контейнеры Н, НЛ снабжены герметичными крышками по обеим сторонам, что в сочетании с их малой высотой создает значительные удобства для ручной загрузки. Контейнеры имеют откидной задний борт для разгрузки самосвальным способом. Кузовы-контейнеры большой вместимости (свыше 20 м³) типа L и S открытого типа закрываются сверху брезентовым тентом.

Аналогичные подъемно-разгрузочные системы для сменных кузовов разработаны и широко внедрены фирмами "ВСБ Милио АБ", "Семит", "Вольво", французско-западногерманская фирма "Беннес Маррел" использует монолитный Г-образный рычаг, приводимый в движение одним-двумя силовыми гидроцилиндрами. Фирма выпускает подобные механизмы грузоподъемностью от 14 т и выше. Применение подобной конструкции повышает надежность машин, но снижает удобство их эксплуатации.

В СССР впервые подобная система для сбора и вывоза ТБО с использованием механизмов фирмы "Мультилифт" на отечественных автомобильных шасси была внедрена в Ленинграде, Киеве, Набережных Челнах. Основным преимуществом этой системы является двухэтапный сбор и вывоз ТБО с применением мусороперегрузочных станций. Для ПО, плотность которых составляет 1500--2000 кг/м³, необходимость в перегрузке отпадает.

К достоинствам этой системы следует отнести:

- • возможность многоцелевого использования шасси;
- • раздельное хранение съемного оборудования (контейнеры, цистерны) и машины;
- • централизованная мойка, обработка контейнеров и цистерн на комплексах по обезвреживанию не утилизируемых отходов.

Организация сбора и вывоза ПО будет предусматривать следующие технологические операции: накопление отходов в контейнерах (цистернах), вывоз контейнеров до мест обезвреживания, разгрузку отходов, замену контейнеров на чистые, доставку порожних, чистых контейнеров в места сбора, загрузку полных контейнеров. Технические характеристики выпускаемых машин с механизмом съемных кузовов приведены в табл. 5.1.

5.1. Техническая характеристика машин

Показатель	ГАЗ-53-02 МСК	ЗИЛ-130-76 МСК-К	ЗИЛ-160-76 МСК-Т	КамАЗ 5513	КАМАЗ 53213 МСК-27	Конструктивные устройства машин однотипны. Они состоят из: шасси,
Полная масса, кг	7400	10 525	10 525	20 450	20 450	
Мощность двигателя, кВт	84,6	110	110	154	154	
Грузоподъемность, кг	4000	6000	6000	11 540	13 500	
Масса спецоборудования (с контейнерами), кг	1800	2000	2000	2600	2700	
Масса механизма смены кузовов, кг	1200	1500	1500	1810	1800	
Масса загружаемых отходов, кг	2200	4000	4000	8940	10 800	
Время подъема контейнера, с	30	30	180	20	180	
Время опускания с контейнера, с	30	30	180	20	180	
Время съема контейнера, с	60	60	240	52	240	
Время установки контейнера, с	60	60	120	60	120	
Наибольший угол наклона, град.	48	48	48	48	48	
Габариты:						
длина	6500	6800	6800	7526	8000	
ширина	2200	2400	2400	2400	2500	
высота	2400	2500	2500	2660	3000	

механизма смены кузовов (погрузочно-разгрузочный механизм), гидроприводной установки, пульта управления.

Погрузочно-разгрузочный механизм "подъемный крюк" состоит из шарнирно закрепленного на раме автомобиля Г-образного рычага, поворачивающегося в продольном направлении вокруг оси шарнира; трех гидроцилиндров, предназначенных для перемещения рычага; захватного устройства, расположенного на консольном конце рычага и обеспечивающего захват контейнера; роликов, монтируемых на хвостовой части рамы автомобиля и предназначенных для обеспечения беспрепятственного перемещения контейнера или цистерны на раму (с рамы) автомобиля при его погрузке (выгрузке). Механизм обеспечивает захват контейнера (цистерны), затягивание его на раму автомобиля, самосвальную разгрузку и снятие контейнера с машины.

Тросовый погрузочно-разгрузочный механизм состоит из платформы, шарнирно закрепленной на раме автомобиля и поворачивающейся в продольном направлении вокруг оси шарнира, лебедки с тросами, предназначенной для погрузки контейнера, гидромотора с редуктором и гидроустановки с трубопроводами.

Машина работает следующим образом. Петли, расположенные на концах тросов, надеваются на крюки, находящиеся на днище контейнера. После подъема гидроцилиндрами платформы включается гидромотор, приводящий в движение лебедку. Контейнер, скользя по опорным роликам, затягивается на поворотную платформу. После отрыва контейнера от земли затягивание происходит одновременно с опусканием рамы. После фиксации контейнера машина готова к транспортированию.

По эксплуатации машин с тросовым погрузочно-разгрузочным механизмом необходимо обратить внимание на их следующие недостатки:

время, затраченное на погрузочно-разгрузочные работы, значительно больше, чем то же самое время при работе с "подъемным крюком";

необходимость зачаливания тросами за крюки, расположенные на днище контейнера, создает дополнительные трудности;

отсутствие качественных отечественных гидромоторов вызывает необходимость их закупки за рубежом.

5.2. Приведенные затраты на вывоз отходов машинами со съемными кузовами, руб/т*

Машина	Дальность вывоза отходов, км					
	5	10	15	20	25	30
ГАЗ-53-02МСК	3,382	4,094	4,806	5,518	6,23	6,942
ЗИЛ-130-76МСК-К	3,486	3,896	4,425	4,954	5,493	6,022
КамАЗ 5513	3,552	4,003	4,452	4,906	5,357	5,808
КамАЗ 53213МСК-27	3,694	4,095	4,415	4,762	5,118	5,474

* По данным АКХ им. К.Д. Памфилова

Машина для транспортирования ПО должна соответствовать климатическому исполнению У-1 в соответствии с ГОСТ 15150—69* и работать при температуре от -30°C до +45°C и относительной влажности до 90 %, обладать повышенной продольной и поперечной устойчивостью при подъеме полностью загруженного контейнера (цистерны), иметь на пульте в кабине сигнализацию о работе спецоборудования; узлы и агрегаты специального оборудования должны быть доступны для обслуживания и мойки. Кроме того, должна быть обеспечена блокировка контейнера во избежание его перемещения в процессе самосвальной разгрузки. Машина должна соответствовать ГОСТ 12.1.012—78* в части требований к устойчивости от вибрации и влияния внешних полей. Температура воздуха на рабочем месте должна быть от +14 до +25°C, запыленность воздуха (при содержании SiO₂ от 10 до 70 %) -- не более 2 мг/м³, содержание вредных веществ (СО) в воздухе -- не более 20 мг/м³.

Опыт эксплуатации машин со съемными кузовами, а также их технические характеристики показали, что наиболее целесообразным типом автомашины для вывоза ПО является КамАЗ-5513 с погрузочно-разгрузочным механизмом "подъемный крюк". В табл. 5.2 представлена зависимость приведенных затрат на вывоз ПО машинами различных типов от расстояния от центра сбора до объекта по обезвреживанию.

Как видно из табл. 5.2, машина на шасси ГАЗ-53-02 МСК экономична при дальности вывоза до 5 км, машина ЗИЛ-130-76 МСК-К — при вывозе до 10 км, при больших расстояниях экономичнее машина КамАЗ 53213 МСК-27.

Контейнеры (цистерны) для сбора и вывоза твердых, пастообразных и жидких ПО. Контейнеры, предназначенные для перевозки твердых и пастообразных ПО, должны представлять собой металлическую сварную конструкцию при необходимости усиленную ребрами жесткости. В верхней части контейнера должны быть расположены загрузочные люки, которые надежно закрываются и фиксируются в закрытом положении. На передней торцевой стенке контейнера должно располагаться автозахватное устройство.

Внутреннюю поверхность контейнера необходимо обработать кремнийорганическим или кремниевым покрытием. Покрытие предназначено для антикоррозионной защиты, а также снижения адгезии отходов к стенкам контейнеров. Предварительные испытания показали хорошую биостойкость этих материалов, а также стойкость к жидкостям, содержащим в своем составе органические жирные кислоты, щелочи.

Система герметизации контейнера должна иметь надежное запирающее устройство, исключающее возможность его самопроизвольного открывания. Контейнер должен иметь предохранительные клапаны для устранения избыточного давления в нем.

Цистерна для перевозки ПО представляет собой сварную конструкцию из двух днищ и обечайки, изготовленных из коррозионностойких материалов, обеспечивающих и сохраняющих механическую прочность. В поперечном сечении цистерна должна иметь овальную форму и устанавливаться на направляющих роликах. Крепится цистерна к шасси с помощью крюка. Сверху располагается люк для доступа внутрь цистерны. Горловина люка должна закрываться крышкой с поджимом. Для успокоения движения жидкости в цистерне должны быть предусмотрены два волнореза и предохранительный клапан для устранения избыточного давления в ней. Опорожнение цистерны осуществляется через лючок, расположенный на заднем днище цистерны снизу.

Во избежание непосредственного контакта водителя с отходами лючок должен открываться шибберной заслонкой автоматически из кабины водителя. При необходимости (вязкий материал, неполное опорожнение самотекотом) опорожнение цистерны можно осуществлять самосвальным способом. На машине должно быть установлено сигнальное устройство, предохраняющее переполнение цистерны.

Выбор конструкционных материалов и покрытий, которые можно использовать для емкостей и цистерн при сборе, перевозке и хранении коррозионных растворов, например, отработанных гальванических электролитов. В качестве конструкционных материалов, применяемых при изготовлении оборудования, используемого для нанесения химических и анодно-окисных покрытий, широко используют черные и цветные

металлы и сплавы, а также неорганические и органические, неметаллические материалы.

Черные металлы - СтЗ (ГОСТ 380-71*), сталь 20 и сталь 45 (ГОСТ 1050—74*) — могут использоваться для корпусов емкостей с последующим обязательным нанесением антикоррозионных покрытий. Легированные (нержавеющие) стали марок 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 06ХН28МДТ, 10Х17Н13М2Т (ГОСТ 5632—72*) применяют в гальванических производствах для изготовления ванн, нагревателей, барабанов для химических процессов, бортовых отсосов, спрейных устройств, крышек колокольных ванн и др.

Для изготовления ванн и емкостей в гальванотехнике используют также биметалл (ГОСТ 10885—85), т.е. углеродистую сталь лакированную легированную (СтЗ + 12Х18Н10Т или СтЗ + 10Х17Н13М2Т).

Свинец С2 (ГОСТ 89-73*) используют для футеровки ванн, нагревателей. Однако в настоящее время в связи с трудностями контроля качества футеровки свинцом, а также в связи с появлением широкого ассортимента пластмасс его роль как футеровочного материала значительно уменьшилась.

Отечественная промышленность выпускает большое число титановых сплавов с разнообразными свойствами. В гальванотехнике в качестве конструкционного материала нашли применение сплавы титана ВТ1, ОТ4, ВТ1-0 и др. (ГОСТ 19807—74*). Титан стоек в растворах хромовой, азотной кислоты, в холодной серной кислоте. Из титана изготавливают ванны, емкости, нагреватели, барабаны для химических процессов.

Из полимерных материалов для сбора и транспортирования отработанных электролитов можно использовать следующие материалы: поливинилхлориды, пентапласт, полиэтилен, полипропилен, фторопласты, стеклопластики, бипластмассы, резины и эбониты.

При антикоррозионной защите ванн и емкостей длиной 1—6 м можно применять методы как свободного вкладыша, так и жесткого крепления полимерной футеровки к стенкам ванн. Однако практика показала, что при длине ванны 6 м наблюдается растрескивание жесткого полимера при защите ванны свободным вкладышем.

Наиболее приемлема конструкция футеровки с приклеенной или другим способом плотно закрепленной футеровкой на стенках емкости. Механическая прочность обеспечивается металлическим корпусом емкости, а футеровка выполняет лишь функцию защитного слоя. Тогда в полимерной футеровке основными будут температурные напряжения сжатия, которые зависят от модуля упругости полимера, коэффициента его линейного расширения и разности температур.

Поливинилхлорид (ПХВ), или винипласт, и его сополимеры относятся к числу наиболее распространенных видов пластмасс. Ни один из полимеров не может конкурировать с многообразием материалов, получаемых на основе ПХВ. Недостатками винипласта являются его невысокая теплостойкость и низкая ударопрочность. Поэтому в качестве антикоррозионного материала для защиты оборудования наибольшее распространение получили пластикат прокладочный ПП-КЭ (ОСТ 6-19-503-79) и пластикат рецептуры П57-40КЭ (ТУ-6-05-1146-75).

Большинство серийно выпускаемых ванн и емкостей футеруют пластиком прокладочным марки ПП-КЭ, пластиком П57-40КЭ толщиной 2 мм. Пластикаты этих марок, получаемые каландрированием или экструзией, поставляют в рулонах, что удобно для раскроя при футеровании. Ширина рулонного пластиката составляет 600—1200 мм, длина рулонов не нормируется. Пластикаты стойки в большинстве сред, применяемых в гальванотехнике.

Футеровку из пентапласта применяют для защиты ванн хромирования, химического никелирования, травления, пассивирования. На ряде предприятий используют ванны, изготовленные из листового пентапласта толщиной 2--3 мм (ТУ 6-05-041-707-79). Пентапластовую емкость помещают в обрешетку из полос нержавеющей стали и опускают в пароводяную рубашку.

В гальванотехнике нашли применение в основном полиэтилен ВД и НД. Помимо изготовления труб и арматуры его используют для футеровки гальванических ванн. Полиэтилен ВД при 250°С прочно сваривается горячим воздухом. Термопластичный материал полипропилен по химической стойкости уступает только фторопласту и пентапласту. Полипропилен обладает удовлетворительной механической прочностью, высоким сопротивлением ударным нагрузкам, повышенной эластичностью, инертностью к

большинству химических реагентов. Он широко применяется для защиты ванн и изготовления другого оборудования цехов электрохимических покрытий. Здесь не рассматриваются коррозионно-стойкие материалы на основе минеральных материалов, поскольку они имеют низкую ударную прочность. Отечественная промышленность выпускает кислотостойкую керамическую плитку, специальные кислотоупорные сорта бетонов и другие материалы, которые могут быть использованы для строительства и облицовки стационарных емкостей и сооружений для приема отработанных электролитов и других агрессивных жидкостей непосредственно на месте их переработки [16].

5.2. Складирование и захоронение ПО на свалках, полигонах ТБО, поверхностных и подземных хранилищах

До середины 1970 г. ввиду отсутствия эффективных средств обработки и утилизации большого числа ПО были широко распространены методы их складирования на городских свалках вместе с ТБО или на специализированных свалках ПО, в большинстве случаев имевших примитивное устройство. Так, вблизи одного из городов долгое время функционировала свалка преимущественно для жидких органических отходов местных предприятий. Отходы в илососах и контейнерах привозились и сливались в отрытые в лесу котлованы. По мере накопления в них горючих веществ содержимое поджигалось и долго горело с выделением черного дыма. Из-за загрязнения атмосферы и почвы в радиусе сотен метров все деревья погибали.

В настоящее время такой метод складирования и обезвреживания отходов запрещен. Примитивные мусорные свалки заменяются на организованные полигоны ТБО.

Отходы складировать на грунт с соблюдением условий, обеспечивающих защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующих распространению болезнетворных микроорганизмов. На полигонах производится уплотнение ТБО, позволяющее увеличить нагрузку отходов на единицу площади, обеспечивая тем самым экономное использование земельных участков. После закрытия полигонов поверхность земли рекультивируется для последующего использования земельного участка. Все работы на полигонах по складированию, уплотнению, изоляции ТБО и последующей рекультивации участка полностью механизированы. Предельное количество токсичных ПО, допускаемое для складирования на полигонах ТБО, нормируется документом, утвержденным Главным государственным санитарным врачом СССР [22]. Основное условие приема ПО на полигоны ТБО — соблюдение санитарно-гигиенических требований по охране атмосферного воздуха, почвы, грунтовых и поверхностных вод. Главными критериями приема токсичных ПО на полигоны ТБО являются состав фильтрата при $\text{pH} = 5-10$, температуре $10-40^\circ\text{C}$, способность к самовозгоранию, выделению ядовитых газов, интенсивному пылению. ПО, допускаемые для совместного складирования с ТБО, должны отвечать технологическим условиям: иметь влажность не более 85 %, не быть взрывоопасными, самовоспламеняющимися, самовозгорающимися. Не допускаются для совместного складирования ПО, температура самовоспламенения которых менее 120°C , а также все отходы, способные к самовозгоранию за счет химических реакций в толще складированной массы. ПО, допускаемые на полигон, не должны выделять пары и газы, дающие взрывоопасные или ядовитые смеси с воздухом и газами полигонов.

ПО IV класса опасности принимаются на полигоны ТБО без ограничений в количественном и качественном отношении. Куски крупнее 250 мм укладывают в толщу рабочего слоя ТБО, а отходы, имеющие фракционный состав 0,15—250 мм, содержащие вредные вещества в допустимых пределах, используются 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_{пл} и ХПК составляют не более 300 мг/л.

ПО IV—III классов опасности, принимаемые в ограниченном количестве (не более 30 % массы ТБО) и складированные совместно с бытовыми, характеризуются содержанием в водной вытяжке токсичных веществ на уровне фильтрата из ТБО и значениями БПК₂₀ и ХПК - 4000--5000 мг/л O_2 (близки по показателям к фильтрату из ТБО).

Слой захораниваемых на свалках ТБО и ПО достигает обычно большой толщины. После исчерпания возможности складирования свалки засыпают землей, но в толще отходов в течение десятков лет идут биологические процессы анаэробного сбраживания органической части отходов с выделением биогаза [5, 24]. На местах бывших крупных свалок в ряде случаев считается экономичным наладить промышленную добычу биогаза. Так, в окрестностях Лос-Анджелеса расположен рекреационный комплекс площадью 243 га. Около 62 га этой территории в период с 1951 по 1969 г. использовались 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. на этом месте эксплуатируются 30 газодобывающих скважин, обеспечивающих подачу газа в бойлерные установки систем отопления и горячего водоснабжения зданий и спортивных сооружений комплекса.

В СССР проблемой получения биогаза из свалок занимается АКХ им. Памфилова, Главмосдоруправление и другие организации. Шламонакопители -- основной тип промышленных хранилищ, которые строят по одно- и многокаскадному принципу с созданием плотины, берегов и чаши шламохранилища. Для того чтобы сливаемые промышленные стоки не фильтровались через стенки и дно прудов-отстойников, применяются экраны из различных материалов. Экраны из суглинка являются наиболее распространенными. Однако этот способ защиты имеет ряд существенных недостатков – при экранировании больших площадей он трудоемок: послойная укладка, смачивание, укатка дорог требуют сотен тысяч кубических метров грунта. Кроме того, он недостаточно эффективен, так как не исключает полностью фильтрации и с течением времени подвергается разуплотнению.

Экраны из полиэтиленовой пленки являются более эффективными, так как практически полностью исключают фильтрацию, при этом способе не требуется разработки карьеров качественного грунта, он дешевле, чем суглинистый экран. Однако этот способ имеет и недостатки: необходимы тщательная планировка поверхности, удаление растительных остатков и крупных включений из грунта. Кроме того, соединение швов пленки является трудоемким процессом; для стоков химической промышленности требуется предварительное изучение влияния химических компонентов на пленку; после пуска в эксплуатацию пруда-накопителя экран из пленки практически недоступен ремонту и трудно восстановить.

Экран из битумно-латексных покрытий делают так: по выровненному и уплотненному гладкими катками основанию укладывают слой крупнозернистого асфальтобетона толщиной 5 см, который покрывают битумно-латексной эмульсией в 3 слоя по 2 мм. Поверх битумно-латексной эмульсии укладывают рулонную металлическую сетку из проволоки диаметром 3 мм с ячейками 100X100 мм, которую покрывают слоем мелкозернистого асфальта толщиной 3 см. Перед укладкой первого слоя асфальтобетона всю поверхность обрабатывают гербицидами для предупреждения прорастания семян растений, способных нарушить целостность экрана.

Для экранирования применяют противofiltrационные стенки из заглинизированных грунтов с применением высокодисперсных глин. Недостатком этого способа является сезонность работ при возведении стенки. При существующей технологии создание стенки в зимнее время затруднено в связи с нарушением процессов глинизации и диспергирования частиц в растворах и невозможностью их отложения на грунтах, подлежащих экранированию.

На рис. 86 показана схема захоронения отходов в шламонакопителе, предложенная компанией "Юнион Карбайд" (США). Годовое количество отходов предприятий указанной компании в штате Вирджиния превышает 12 000 т твердых и полужидких веществ. Эти отходы в зависимости от физико-химического состава перед захоронением подвергают предварительной обработке. Горючие материалы (около 70 м³/сут) сжигают до получения твердого остатка в специальных печах, инертные материалы (около 110 м³/сут) подвергают дроблению, металлы (около 7 м³/сут) — сепарации. Полученные в итоге отходы уплотняют и ими заполняют специально созданную ступенчатую выемку. Конструкция выемки и ее размещение создают условия для стока грунтовых и подземных вод в специальный бассейн-сборник, из которого они подаются на биологическую очистку, а шлам возвращается на захоронение.

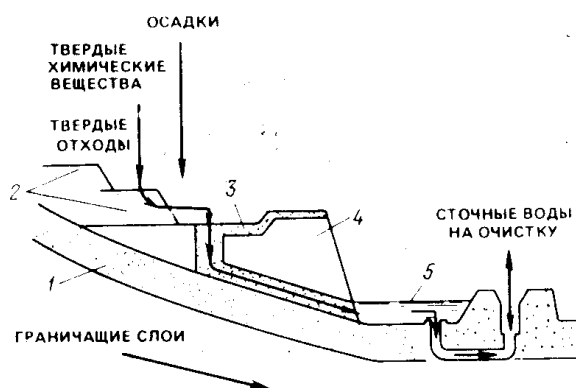


Рис. 86. Схема захоронения отходов, разработанная компанией "Юнион Карбайд" (США)

1 - водонепроницаемый слой; 2 - ступенчатое заполнение; 3 – проницаемый слой; 4 - удерживающая насыпь; 5 - сборник сточных вод

Свалка не влияет на окружающую среду, что подтверждается данными контрольных постов вокруг нее. Однако при расчетной продолжительности эксплуатации 20 лет общие затраты составят примерно 3,8 млн. долл., что в 5,7 раза превышает стоимость захоронения на обычных коммунальных свалках. Таким образом, несмотря на возможность безопасного захоронения отходов, рекомендовать данный способ для более широкого распространения с экономической точки зрения нецелесообразно.

Подземное захоронение промстоков путем их закачки в глубокие скважины получило распространение в ряде зарубежных стран. К преимуществам данного метода относится уменьшение загрязнения поверхностных вод, а также исключение при таком захоронении необходимости их полного обезвреживания.

Значительный опыт подземного захоронения промстоков имеется в США. Так, фирма "Дау Кемиклкомпани" начала использовать для этой цели глубокие скважины еще в 20-х годах. В США подземное захоронение промстоков разрешено законодательством в 30 штатах. Средняя скорость закачивания (для 100 скважин подземного захоронения отходов США) составляет 135 галлонов в минуту (510 л/мин). На начале 70-х годов в США имелось 124 зарегистрированных скважины со следующим распределением по отраслям промышленности, %:

- химическая, нефтехимическая, фармацевтическая -55;
- очистные предприятия, установки на природном газе - 20;
- производство металлов (главным образом сталеплавильных заводов) --7;
- остальные -- 18.

В Канаде в настоящее время зарегистрирована 31 скважина для захоронения. ПО. Захоронение отходов может производиться на различные глубины посредством одной-двух хорошо оборудованных скважин большого диаметра. В качестве пластов-коллекторов большей частью выбираются горизонты, залегающие на глубине более 1000—1500 м, что, по-видимому, обусловлено соображениями экономического характера.

Жидкие отходы калийной промышленности в ГДР, сосредоточенные по р. Верра (земли Тюрингии и Гессена), начиная с 1925 г. сбрасываются под землю. Они представляют собой концентрированные растворы (с минерализацией 300—400 г/л) NaCl, MgCl₂, MgSO₄. Эти растворы по скважинам закачиваются в трещиноватые известняки и плитчатые доломиты верхнего и среднего шехштейна, залегающие на глубине от 50 до 500 м. Мощность поглощающего пласта составляет 10—15 м. Трещиноватость доломитов и известняков, слагающих этот пласт, составляет 10 %. До сброса сточных вод доломитовый горизонт содержал напорные воды с пьезометрическим уровнем на 20—30 м ниже поверхности земли. За период с 1925 г. по 1960 г. опущено под землю через скважины 170 млн.м³ промстоков, т.е. средний (в многолетнем разрезе) суточный расход закачиваемых сбросных вод составляет 20000-30000 м³.

В "Основах законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах" сказано (ст. 9), что "захоронение вредных веществ и отходов производства, сброс сточных вод является одним из видов пользования недрами...Предоставление недр для захоронения вредных веществ и отходов производства, сброса сточных вод допускается только в исключительных случаях и при соблюдении специальных требований и условий". Таким образом, подземное захоронение ПО (жидких и твердых) следует рассматривать только как метод весьма ограниченного применения.

В СССР подземное захоронение промстоков преимущественно связано с удалением сточных вод нефтепромыслов. Так, в Башкирии на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности с 1955 г. производится сброс в поглощающие горизонты нефтепромысловых сточных вод. Количество сбрасываемых стоков составляет несколько тысяч кубометров в сутки.

Сточные воды нефтепромыслов отличаются обычно высокой минерализацией и во многих случаях значительным содержанием сероводорода. Например, сточные воды НПО "Чапаевскнефть" (Среднее Поволжье) характеризуются минерализацией 390 г/л, в составе этих вод преобладают Cl, Na, Mg, Ca.

Как показала практика подземного захоронения, наиболее пригодными для сброса промстоков являются осадочные породы: песчаники, известняки, доломиты, обладающие достаточно высокой проницаемостью. Пласт-коллектор должен залегать ниже уровня грунтовых вод, быть хорошо изолирован и не содержать подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевых и промышленных целей. Такие пласты-коллекторы залегают, как правило, на глубине свыше 300-400 м.

Стоки, подлежащие подземному захоронению, по стандартам США не должны содержать большого количества взвеси, волокон, коллоидных частиц, органических осадков. Их следует подвергать предварительной обработке с целью удаления этих компонентов. Закачиваемые стоки не должны содержать масла, жиры, парафины, осмоляющие вещества, а также составы, способствующие бактериальной деятельности, так как все это может привести к очень быстрой закупорке призабойной зоны скважины и выходу ее из строя.

Выбор участка для подземного захоронения отходов весьма сложен и оценивается по многим геологическим, гидродинамическим и санитарным критериям. Недостатками метода подземного захоронения являются:

- • невозможность надежного контроля за распространением в пласте загрязняющих веществ;
- • трудности, связанные с техникой подземного удаления большого числа промышленных стоков;
- • необратимое загрязнение многих подземных формаций;
- • возможность попадания отходов путем диффузии и конвекции в естественные подземные потоки;
- • отсутствие информации о поведении отходов при их вступлении в контакт с растворами и породами формации в условиях повышенных температур и давлений;
- • повышение или понижение токсичности некоторых компонентов отходов из-за размывания;
- • возможность образования более токсичных соединений в результате химического взаимодействия между относительно безвредными соединениями.

5.3. Сжигание ПО совместно с бытовым мусором

АКХ им. К.Д. Памфилова совместно с отраслевыми институтами изучались условия приема ПО на мусоросжигательные и мусороперерабатывающие заводы. В соответствии с этим на коммунальные установки рекомендуется принимать лишь твердые горючие ПО (в количестве примерно 8 % общего объема). ПО, подмешиваемые к ТБО, не должны давать вредных газообразных выбросов, превышающих ПДК. В определенных дозах (5-8 %) к ТБО могут подмешиваться полимерные материалы (за исключением изготовленных на основе хлора и фтора), резина, а также некоторые другие отходы [24].

Однако эти рекомендации у нас в стране не нашли практического применения из-за сложности приема ПО и отсутствия необходимого оборудования отечественного производства. В то же время за рубежом на мусоросжигательных заводах для совместного сжигания с ТБО иногда принимают небольшое количество твердых горючих отходов промышленного происхождения, нетоксичных по своему составу, а также жидких горючих отходов. Так, итальянская фирма "Де Бартоломейс" предложила и осуществила на мусоросжигательном заводе "Милан-2" технологию сжигания мусора и нефтеотходов.

Городской мусор и допущенные к сжиганию твердые ПО, так же как и в обычных схемах мусоросжигательных заводов, привозят в большегрузных мусоровозах и складывают в бункер. Затем мостовыми кранами с грейферными ковшами вместимостью 3 м³ каждый отходы загружают в две параллельные линии мощностью 13 т/ч. Каждая линия имеет загрузочный бункер, в котором поддерживается слой мусора в 6-8 м. Воздух на горение забирается из надбункерного пространства.

Печи оборудованы ступенчатыми наклоннопереталкивающими решетками системы Велунд-Сакиль. Основание решеток чугунное, сверху на них крепят съемные пластины из хромоникелевой стали. Площадь решеток 27 м². Параллельно завод принимает на сжигание нефтеотходы, преимущественно отработанные масла. Легковоспламеняющиеся жидкости на завод не принимаются.

Привезенные на завод нефтеотходы (рис. 87) сливают в три вертикально расположенных резервуара вместимостью 20 м³ каждый, имеющих систему парового подогрева. В резервуарах нефтеотходы отстаиваются в течение двух суток при температуре 40--50°C. Исходный состав нефтеотходов колеблется в широком диапазоне и может содержать до 98 % воды. После расслоения нижняя часть, содержащая песчано-глинистый шлам с сорбировавшимися нефтепродуктами, подается в бункер, где смешивается с мусором, а затем поступает в печь для сжигания. Количество этого шлама незначительно по сравнению с общим объемом мусора.

Средняя зона в разделочном резервуаре представляет собой загрязненную нефтепродуктами воду, которая подается на флотацию в два параллельно работающих флотатора, выполненных из монолитного бетона и расположенных в здании. Флотация осуществляется сжатым воздухом через перфорированные металлические трубы. Пленку нефтепродуктов собирают сверху и направляют на расслаивание, а очищенную воду с концентрацией 50 мг/л сливают в канализационную сеть.

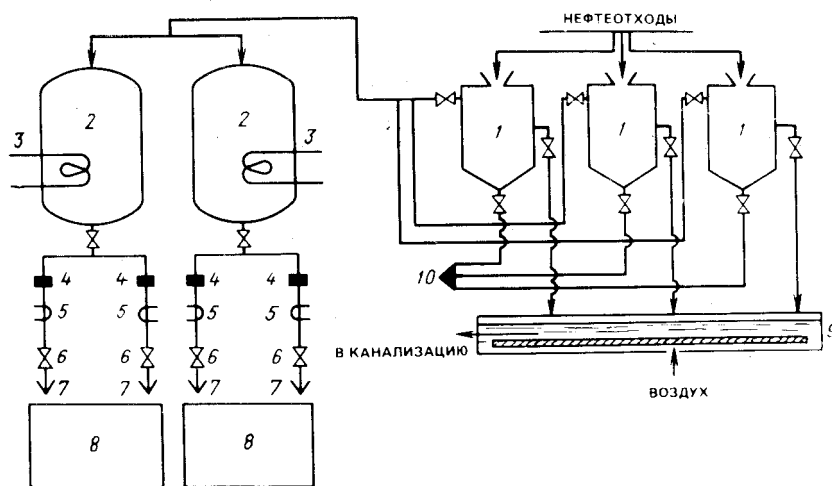


Рис. 87. Схема сжигания нефтеотходов на заводе "Милан-2"

1 - приемные резервуары объемом по 20 м³; 2 - расходные емкости по 40 м³; 3 - змеевики подогрева; 4 - фильтры тонкой очистки; 5 - подогреватель масла; 6 - краны; 7 - форсунки; 8 - мусоросжигательные печи; 9 - флотационная установка; 10 - шлам для подмешивания в мусор

Всплывшие нефтепродукты из верхней части приемных резервуаров сливают в две заглубленные емкости объемом по 40 м³ каждая. Средняя теплота сгорания этих нефтепродуктов 12,6 МДж/кг. В нижней части каждой из расходных емкостей имеется змеевик, который предназначен для подогрева нефтепродуктов до 20°C с целью удобства транспортирования и последующей фильтрации, в процессе которой отделяются крупные механические включения. Затем нефтепродукты подогревают до 90°C и подают в ротационные форсунки, расположенные в конечной зоне решеток. Производительность форсунок 100 кг/ч каждая, на каждой печи смонтировано по две форсунки. Таким образом, производительность завода по нефтеотходам

составляет около 10 т/сут на 600 т мусора. На свалки вывозят обработанный и стерилизованный шлак после сжигания.

5.4. Обработка и утилизация ПО и загрязнений на специализированных полигонах

Полигоны для обезвреживания и захоронения токсичных ПО являются природоохранными сооружениями, предназначенными для регулярного централизованного сбора, удаления, обезвреживания и захоронения не утилизируемых токсичных отходов, загрязнений и некондиционных продуктов (веществ) промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений, расположенных в одной или нескольких промышленных зонах. Количество и мощность полигонов для каждого промышленного района обосновывается технико-экономическими расчетами.

В соответствии со СНиП 2.01.28-85, в составе полигонов предусматривается строительство трех основных объектов, которые могут быть расположены на одной или нескольких отдельно расположенных площадках:

- • цехи для обезвреживания токсичных ПО и некондиционных продуктов (веществ), предназначенного для сжигания и физико-химической переработки этих отходов и продуктов с целью их полного обезвреживания или понижения токсичности (класса опасности), перевода их в нерастворимые формы, обезвреживания и сокращения объема отходов и загрязнений, подлежащих захоронению;
- • участка захоронения отходов и загрязнений, представляющего собой территорию, на которой располагаются специально оборудованные карты или котлованы, куда складировать различные группы токсичных твердых отходов;
- • гаража специализированного парка автомашин, предназначенных для транспортирования токсичных ПО.

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

В СССР проектирование полигонов для централизованной обработки ПО регламентируется санитарными правилами "Порядок накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов", утвержденными Главным государственным санитарным врачом СССР 29 декабря 1984 г. N 3183-84. Требования этих правил распространяются на проектирование, строительство и эксплуатацию полигонов только для захоронения и сжигания отходов производства, для которых еще не разработаны методы утилизации [21].

Приему на полигоны не подлежат:

- • радиоактивные отходы;
- • нефтепродукты, подлежащие регенерации;
- • древесные отходы (опилки, тара и т.д.);
- • производственные и строительные отходы.

Полигоны следует располагать в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых незатопляемых 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 санитарно-защитной зоны 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 менее 200 м от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог и не менее 50 м от лесных массивов и лесных посадок. Полигоны следует размещать, как правило, на участках со слабо фильтрующими грунтами (глина, суглинки, сланцы и т.д.), характеризующимися коэффициентом фильтрации не более 10^{-4} см/с. Уровень грунтовых вод при их наибольшем подъеме с учетом подъема воды при эксплуатации полигона должен составлять не менее 2 м от нижнего уровня захороняемых отходов (заглубление 7--15 м).

В соответствии с указанными выше Правилами и СНиПом на все отходы, вывозимые на полигоны, должен составляться паспорт с технической характеристикой состава отходов и кратким описанием мер безопасности обращения с ними на полигоне при их захоронении или сжигании. Паспорт представляется с каждым рейсом автомобиля на каждый вид отходов за подписью ответственных лиц предприятия.

Горючие отходы подлежат сжиганию. В отличие от свалок, для этого на специально выделенном участке полигона следует построить печь, режим работы которой должен обеспечивать сжигание при температуре 1000--1200°C, исключающее загрязнение окружающего воздуха. Печь должна быть оснащена газоочистными и пылеулавливающими сооружениями.

В процессе эксплуатации полигона необходимо проводить систематический текущий контроль службой полигона и выборочный контроль СЭС за уровнем содержания токсичных ингредиентов в грунтовых водах, в почве территории, прилегающей к полигону, в растениях вокруг полигона, а также в атмосферном воздухе в радиусе 3 000 м.

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 метод обезвреживания и захоронения. В СНиП 2.01.28-85 указан примерный перечень тринадцати групп отходов и рекомендуемых методов их переработки. Приему на полигоны подлежат только ПО 1,2,3 и 4 классов

опасности, перечень которых в каждом конкретном случае согласовывается с органами санитарного надзора и заказчиком проекта полигона.

Одним из самых освоенных полигонов для захоронения и обработки ПО является введенный в действие у нас в стране еще до принятия указанных выше нормативных документов опытный полигон "Красный Бор", расположенный в 5 км от г. Колпино под Ленинградом. С целью защиты окружающей среды и санитарного благоустройства города исполкомом Ленинградского городского Совета было принято постановление о строительстве под Ленинградом первого в стране опытного полигона для централизованного приема и обезвреживания ПО и загрязнений.

Предприятия и организации города производят сбор и удаление ПО, как правило, самостоятельно. Некоторые отходы (например, часть нефтепродуктов, прошедших регенерацию) возвращаются в производство. Большая же часть ПО настолько загрязнена, что не может быть использована повторно. Особенно трудной проблемой является обезвреживание осадков локальных очистных сооружений для промышленных стоков. Осадки и шламы из очистных сооружений неорганизованно вывозились за черту города, что приводило к загрязнению пригородной зоны.

С учетом сведений о количестве и составе ПО на каждом предприятии институтом Ленгипрогор был разработан проект опытного полигона. Ленинградская комплексная геологическая экспедиция определила участок под полигон. При этом принимали в расчет близкий выход к поверхности водоупорных кембрийских глин; незатопляемость полигона паводковыми водами; отсутствие водоемов для водоснабжения и водоносных горизонтов.

Полигон окружен кольцевым каналом, отводящим подземные и поверхностные воды с окружающей территории в р. Большая Ижора. На полигон принимают осадки очистных сооружений и все ПО, за исключением радиоактивных и подлежащих регенерации. Привозимые отходы сопровождаются паспортом, являющимся финансовым и технологическим документом. Схема размещения участков приема ПО показана на рис. 88.

Поступающие на полигон ПО условно можно разделить на пять основных групп. Жидкие отходы, содержащие органические примеси, составляют более половины всех привозимых на полигон ПО. В состав жидких отходов входят в разных количествах и сочетаниях органические соединения, продукты органического синтеза, высокомолекулярные соединения, отходы производства пластических масс и смол, органические растворители, отходы производства синтетических каучуков и т.д. Жидкие отходы гальванических производств имеют в своем составе соли тяжелых металлов, влажность 96--98 %, реакция среды колеблется от кислой до щелочной.

Нефтеотходы — смесь легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также отработанные масла (машинные, турбинные, веретенные), мазуты, загрязненные растворители (бензол, толуол, ксилол, керосин, ацетон, метанол, амилацетат, бутилацетат, бутанол). Содержание воды в нефтеотходах --70-90 %. Отходы условно твердые (в том числе сыпучие и пылевидные материалы -- сажа, пигменты, красители, наполнители, каолины, различные порошки, химреактивы, грязь из мазутных резервуаров) — представляют собой смесь нефтебитума, гудрона с водой и песком.

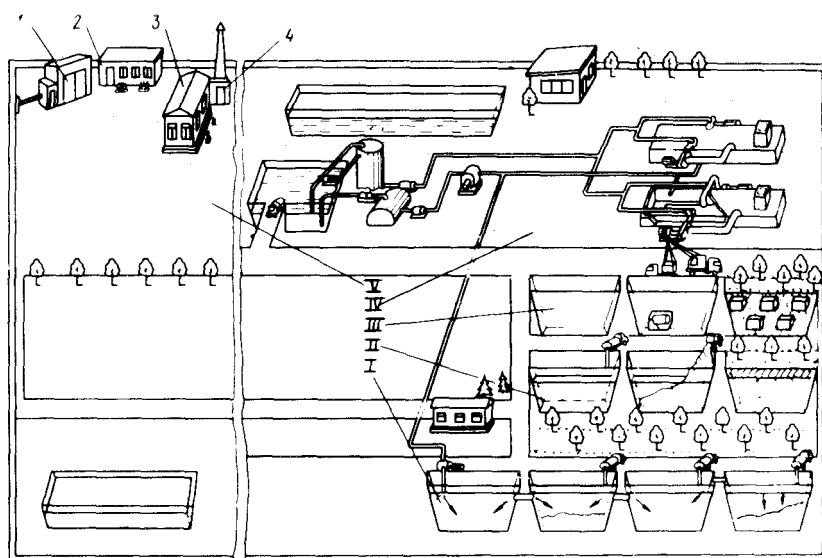


Рис. 88. Участки приема и обезвреживания промышленных отходов на полигоне "Красный Бор"

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

Особо вредные отходы содержат соединения циангруппы, ртути, мышьяка и других сильнодействующих ядовитых веществ.

Все принятые отходы должны ликвидироваться путем захоронения или сжигания в открытых бункерах на поверхности земли. Практика показала, что захоронение жидких отходов в котлованах, отрытых в толще кембрийских глин, сопряжено с большими трудностями, а сжигание нефтеотходов в открытых бункерах ведет к сильному задымлению и загрязнению воздушного бассейна токсичными продуктами неполного сгорания.

Жидкие отходы характеризуются большой влажностью, поэтому необходимо предварительно сгустить отходы перед засыпкой котлована вынудой кембрийской глиной и растительным грунтом. В качестве поглотителя жидкостной фазы применяют древесные опилки. Для захоронения принятых отходов в толще кембрийской глины отрывают котлованы глубиной до 15 м, ширина и длина их может быть различной, угол откоса составляет 45°. Кроме того, для захоронения отходов необходимы большие земельные площади, тяжелая техника (экскаваторы, бульдозеры, автосамосвалы) и большие материальные затраты. В настоящее время на полигоне внедрен термический метод обезвреживания жидких ПО. Около 10 % отходов, получаемых в результате предварительного отстаивания в котлованах полигона, являются жидкими горючими отходами, не подлежащими регенерации.

На полигоне с 1975 г. действуют установки по сжиганию жидких горючих отходов с утилизацией тепла для обезвреживания негорючих жидких отходов. Установки просты в изготовлении и при обслуживании, надежны в эксплуатации и обеспечивают обезвреживание жидких горючих и негорючих отходов до санитарных норм. При сжигании 1 т горючих отходов одновременно обезвреживается до 6 т жидких негорючих отходов. Обслуживает установки один аппаратчик.

Особенностью промышленного варианта печи является то, что в ней наряду со сжиганием жидких горючих отходов обезвреживаются жидкие негорючие отходы, содержащие органические и минеральные примеси. Горючие отходы вместе с воздухом поступают в камеру сгорания. Продукты сгорания охлаждаются в рекуператоре и выбрасываются в атмосферу, жидкие негорючие отходы поступают в рекуператор, где нагреваются отходящими газами. Пары легколетучих органических соединений и азеотропных смесей, а также упаренный раствор, насыщенный высококипящими органическими примесями, поступают в камеру сгорания, где термически обезвреживаются.

Камера сгорания и рекуператор тепла отходящих газов (рис. 89) являются единым аппаратом, представляющим собой металлическую цилиндрическую трубу, закрытую с торцов. Один конец трубы футерован на 1/5 часть, длины, к нему тангенциально подвешены воздухе- и паропроводы. На противоположном конце трубы расположен патрубок отвода отходящих газов с паровой рубашкой. В

рубашку по паропроводу поступают жидкие промышленные негорючие отходы, которые нагреваются теплом отходящих газов и поступают через штуцер в резервуар для упаривания. Труба горизонтально закреплена на дне резервуара, который закрыт крышкой и паросборником, служащим для отвода паров ПО и соединенным паропроводом с камерой сгорания.

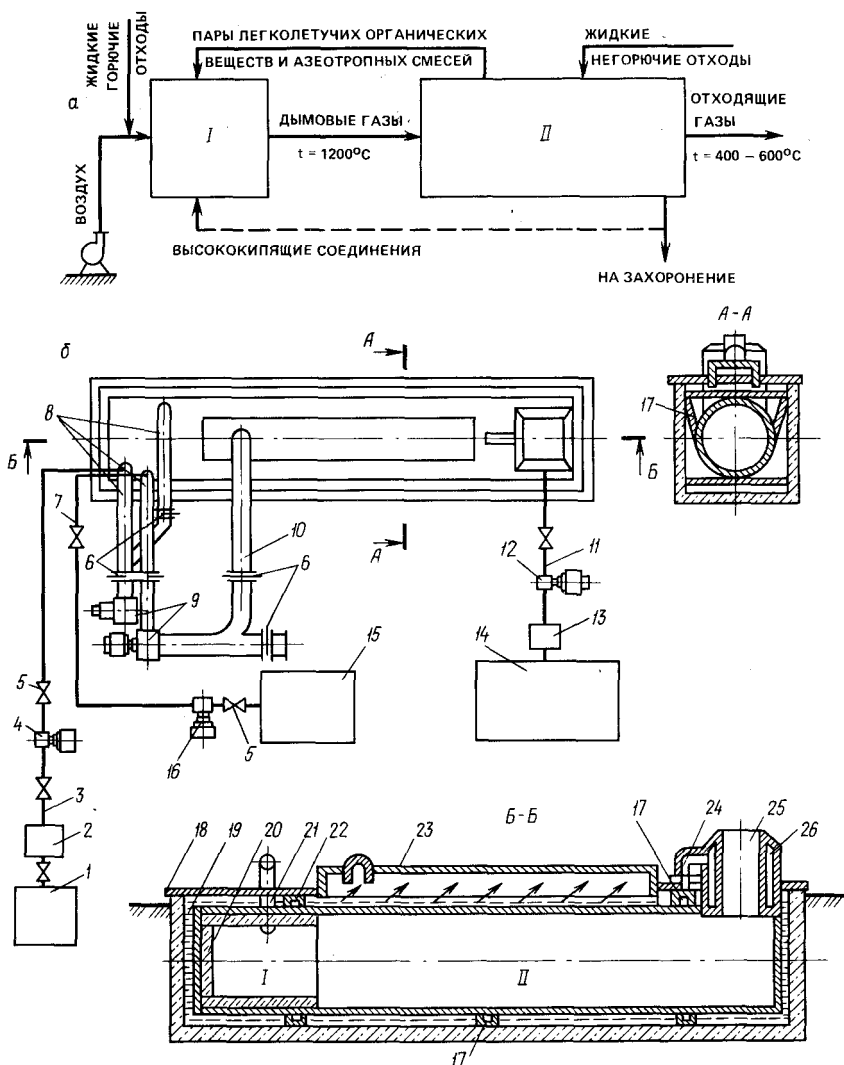


Рис. 89. Принципиальная схема установки термического обезвреживания ПО (а) и установка термического обезвреживания жидких ПО (б)

1 - емкость для нефтеотходов и горючих жидкостей; 2 - сетчатый фильтр; 3 - трубопровод горючих отходов; 4 - насос; 5 - вентиль; 6 - шиберы; 7 - трубопровод; 8 - воздуховод; 9 - вентилятор; 10 - паропровод; 11 - трубопровод к рубашке отвода газов; 12 - центробежный насос; 13 -

фильтр; 14 - емкость с негорючими жидкими ПО, содержащими органические и минеральные примеси; 15 - емкость с негорючими жидкими отходами, содержащими органические соединения; 16 - насос; 17 - элемент крепления трубы в резервуаре; 18 - крышка резервуара; 19 - железобетонный резервуар; 20 - футерованный торец; 21 - цилиндрическая металлическая труба; 22 - кирпичная футеровка; 23 - паросборник; 24 - итуцер; 25 - канал для отвода отходящих газов; 26 - рубашка канала

Максимальный сбор и утилизация тепла, выделяющегося при сжигании, достигаются соотношением футерованной (зона сжигания) и нефутерованной части трубы (теплообменник) 1:8, а также тем, что труба закреплена на дне резервуара, заполненного негорючими ПО. Энергозатраты на испарение ПО снижаются в результате предварительного нагрева их остаточным теплом отходящих газов. В установке обезвреживают горючие, а также негорючие ПО, содержащие органические и неорганические примеси, при удельном расходе 0,14—0,33 горючих отходов на 1 кг негорючих. Горючие отходы сжигают в футерованной части камеры при тангенциальной подаче воздуха в три зоны с определенным соотношением расхода, причем в последнюю, расположенную около выхода из камеры сгорания, воздух подается с противоположного направления по отношению к двум другим. Температура в центре горения составляет 1200—1300°C, температура газов 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.

Около 40 % всех принимаемых полигоном жидких ПО уничтожается термическим методом с использованием в качестве топлива не подлежащих регенерации жидких горючих ПО. При большем поступлении из города жидких горючих ПО полигон смог бы соответственно большую часть принятых отходов уничтожать надежным и дешевым термическим методом вместо трудоемкого и дорогостоящего уничтожения путем захоронения в толще кембрийской глины.

Другой работой, проведенной на опытном полигоне, явилась разработка и внедрение каскадного метода обезвреживания отходов гальванических производств. Этот метод также не связан с захоронением всего объема отходов и заключается в химической нейтрализации токсичных примесей. Процесс происходит в последовательно соединенных емкостях, вырытых в толще кембрийской глины.

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

После окончания окислительно-восстановительного процесса жидкую фазу переливают в нейтрализатор, где осаждают катионы тяжелых металлов в виде гидроксидов и солей путем создания необходимой щелочной среды добавлением ПО, содержащих известь, едкий натрий, кальцинированную соду, поташ. Химизм процесса заключается в гидролизе извести, нейтрализации кислой среды, осаждении гидроксидов металлов, а также сульфатионов и карбонатионов.

Обезвреженную жидкость, содержащую в своем составе сульфат-ион, нитрат-ион, хлорид-ион, ионы кальция, калия, натрия, магния, кремния в концентрациях, не превышающих предельно допустимые, переливают в сборник обезвреженной жидкостной фазы и оттуда 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 кембрийской глины и растительного грунта, затем сеют травы, сажают деревья и декоративные кустарники.

Каскадный метод обезвреживания отходов, содержащих минеральные примеси, позволяет вести процесс обезвреживания непрерывно, с небольшими затратами земельных площадей, так как непосредственному захоронению подвергается лишь небольшая часть отходов -- твердые токсичные отходы, шламы и взвеси. Основную массу отходов (около 90 %) в виде обезвреженной жидкостной 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.

Особо вредные отходы поступают на полигон в стальных герметично закрытых емкостях и обезвреживаются путем захоронения в отдельных специальных котлованах. Химическая лаборатория полигона проводит работы, связанные с технологией обезвреживания принимаемых отходов (физико-химический анализ), занимается изысканием более прогрессивных методов обезвреживания и утилизации отходов. Кроме того, совместно с областной СЭС, городской СЭС, Ленинградской комплексной геологической экспедицией и рядом научно-исследовательских институтов Ленинграда лаборатория полигона изучает влияние захороненных ПО на прилегающую территорию, на воздушный бассейн (проводятся лабораторные анализы проб воды, грунта, атмосферного воздуха). С вводом в действие опытного полигона в Ленинграде была решена важная задача централизованного удаления и обезвреживания ПО и загрязнений.

В 1974—1975 гг. был введен в действие экспериментальный полигон для захоронения и уничтожения отходов предприятий Дзержинска, в котором 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.

Аналогичные полигоны, но уже в соответствии с новыми нормативными документами, проектируются для Москвы, промышленных регионов Ульяновска, Риги, Омска, Днепропетровска, Кривого Рога и др. городов.

Главным недостатком полигонов типа "Красный Бор" является большой удельный вес технологических процессов, связанных с захоронением отходов. Существование таких полигонов ограничено во времени имеющимися в наличии площадями, по использованию которых полигон должен быть закрыт.

Однако ценный опыт, накопленный при проектировании, строительстве и эксплуатации первого в стране полигона для организованного обезвреживания ПО, позволяет перейти к последующему широкому внедрению промышленной технологии обезвреживания и складирования отходов промышленных предприятий.

5.5. Переработка и утилизация ПО по полной заводской технологии

За последнее время в развитых промышленных странах Западной Европы и США переработка основной массы ПО ведется централизованно, по полной заводской технологии. При этом практически исключается процесс захоронения или складирования отходов на территории предприятий за исключением золы, шлака и обезвоженных гальваношламов, которые по мере накопления вывозятся на переработку в строительные материалы или для других целей.

Одним из образцовых предприятий такого типа является завод "Коммуникеми" в г. Ниборге (Дания). Завод расположен в центре страны и занимает площадь 5 га. Приемный пункт завода 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.

Доставка отходов на завод "Коммуникеми" осуществляется фирмой "Трансхимия". Для опорожнения цистерн, привозящих нефтеотходы, растворители, жидкие токсичные отходы, на заводе применяется трубопроводный транспорт, так что, начиная с места разгрузки и до обезвреживающей установки, персонал не имеет непосредственного контакта с токсичными отходами.

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

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

- • установка для обработки отработанных масел;
- • установка для обработки загрязненных растворителей, включая оборудование для опорожнения бочек, содержащих пожаровзрывоопасные вещества;
- • установка для обработки неорганических химических загрязнений;
- • установка с барабанной печью для сжигания и прокаливания промышленных твердых, жидких и пастообразных отходов;
- • котел-утилизатор и система очистки дымовых газов;
- • специальная циклонная печь с мокрой очисткой дымовых газов для термического обезвреживания галогеносодержащих 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. У въезда на завод размещается административный корпус, который кроме административных помещений включает также лабораторию, зал заседаний, душевые, гардероб, столовую.

Технологическая схема завода "Коммуникеми" представлена на рис. 90. Здесь от одной станции контроля и приемки отходов, поступающих по железной дороге и автотранспортом, ответвляются две линии сжигания для галогеносодержащих и всех остальных отходов. Доставленные на завод отработанные масла и нефтесодержащие отходы подвергаются обработке путем нагрева до 90-100°C и последующего отстаивания в вертикальных резервуарах, где они разделяются на четыре фракции:

осадок, перекачиваемый на сжигание двухпоршневыми насосами и предварительно проходящий через дробилки;

воду, подаваемую в камеру дожигания;

масло, идущее потребителям для вторичного использования;

легковоспламеняющиеся отходы, которые собираются в верхней части резервуара и направляются в конденсатор, а затем в жидком виде смешиваются с растворителями, привозимыми отдельно, и направляются на сжигание. Растворители служат топливом для барабанной печи, являющейся основным оборудованием завода для обезвреживания отходов.

Загрузка отходов в печь может осуществляться следующими способами:

- • скиповым подъемником для твердых отходов;
- • лифтом для металлических бочек и барабанов вместимостью до 200 л;
- • поршневыми насосами для подачи сгущенных нефтесодержащих осадков, собранных после отстаивания загрязненных масел и растворителей.

Подача высококалорийных растворителей, служащих основным топливом для работы барабанной печи и обезвреживания отходящих газов в камере дожигания, осуществляется насосами через форсунки. Загрузочное отверстие барабанной печи снабжено качающимся шибером, предотвращающим подсос воздуха во время подачи отходов. Шлаковая подушка, образующаяся в нижней части печи в процессе горения отходов, предотвращает кирпичную футеровку от разрушения при падении в печь тяжелых металлических бочек. Оба подъемника (для твердых отходов и бочек) во избежание несчастного случая блокированы друг против друга.

Дозировка подачи твердых отходов производится изменением числа ходов подъемников, дозировка остальных веществ осуществляется в результате изменения подачи соответствующих насосов. Поступающие на сжигание через загрузочные узлы ПО перемешиваются и сгорают в барабанной печи. Оптимальный режим ее работы обеспечивается регулированием частоты вращения барабана. 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°C.

Если вследствие низкой теплоты сгорания отходов или неполного сгорания температура в барабане понижается, то через расположенную сбоку горелку подается дополнительное топливо, что способствует повышению температуры и полному сгоранию отходов.

Для обеспечения полного выгорания отходящих газов в камеру вторичного сжигания с большой скоростью вдувают вторичный воздух. Правильно выбранная протяженность и направленность потока отходящих газов обеспечивает их полное дожигание и равномерную нагрузку котла.

Расположенный после камеры дожигания паровой котел обеспечивает тепловой энергией нужды завода, а избыток пара используется для подогрева воды в системе теплоснабжения г. Ниборга. Температура перегретого пара составляет около 240°C, температура выходящих из котла газов колеблется в пределах 280--300°C.

В летнее время часть пара охлаждается в воздушных конденсаторах, а образовавшийся конденсат возвращается на рециркуляцию. Для покрытия потерь воды в термической системе станции построена установка водоподготовки для полного обессоливания производительностью 4 м³/ч.

Отходящие газы очищаются в электрофилтре. Пыль оседает на вертикально установленные коронирующие электроды и осадительные пластины, которые периодически очищаются ударным способом с помощью падающего молота. Вся установка для сжигания работает под пониженным давлением, которое создается дымососом.

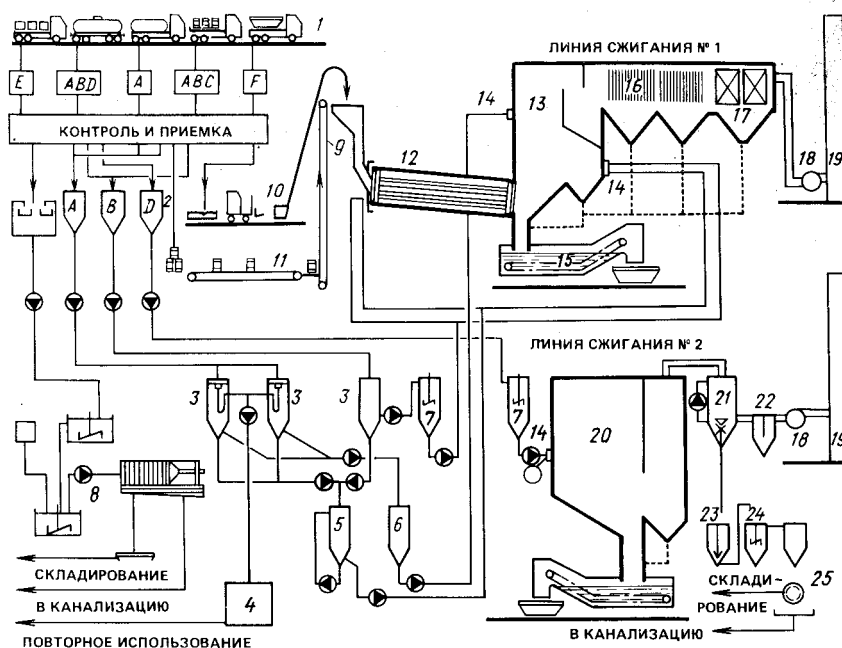


Рис. 90. Технологическая схема завода "Коммуникеми" 1 - разгрузочная платформа; 2 - приемные резервуары; 3 - разделочные резервуары; 4 - бак-накопитель; 5, 6 - расходные баки; 7 - мешалки; 8 - фильтр-пресс; 9-11 - загрузочные устройства; 12 - барабанная печь; 13 - камера дожигания; 14 - форсунка; 15 - шлакоудаление; 16 - котел-утилизатор; 17 - электрофилтр; 18 - дымосос; 19 - труба; 20 - камерная печь; 21-25 - система мокрой очистки газов

Шлаки и обезвоженные гальванические шламы вывозят в определенное место и складывают с соблюдением осторожности. Линия сжигания для галогеносодержащих отходов значительно меньше линии, предназначенной для сжигания всех остальных отходов. Вместо барабанной там применяют камерную печь. Специфика отходящих токсичных газов требует их мокрой очистки в скруббере. Образующуюся сточную воду нейтрализуют известью, а обезвоженные дымовые газы объемом 30 000 м³/ч через трубу выбрасываются в атмосферу. Очищенную сточную воду сливают в систему городской канализации, а обезвоженный шлам направляют на площадку хранения и для дальнейшего использования. Завод "Коммуникеми" в г. Ниборге введен в эксплуатацию в 1979 г. Там работает 60 сотрудников, из них 7 человек -- административный персонал.

Расчетная производительность завода — 80 000 т ПО в год. Общие затраты на строительство завода составили 70 млн. датских крон (9 млн. руб. по курсу того времени), из них 40 млн. крон (5 млн. руб.) составили затраты на оборудование. Проектирование и строительство завода "Коммуни-кеми" велось

группой фирм во главе с датской фирмой "Ойл Консалт". Большая сжигательная установка с барабанной печью разработана и изготовлена швейцарской фирмой "Фон Ролл".

Другим примером современного предприятия с заводской технологией переработки и утилизации ПО является комплекс, построенный в Финляндии фирмами А/О "Суомен Он-гелмаяте" и "Оутокумпу Инжиниринг" (Генеральный проектировщик). Опытная эксплуатация завода началась в июле 1984 г.

Согласно предварительно выполненному исследованию в Финляндии ежегодно образуется около 110 000 т ПО и загрязнений. Часть из них перерабатывается промышленностью, поэтому в качестве исходных данных при проектировании нового предприятия по переработке сложных отходов было принято 65 000 т в год. Этот поток ПО, поступающих на завод, состоит из маслосодержащих отходов, сжигаемых органических отходов, отходов растворителей, малых партий сложных отходов, неорганических отходов, отходов с поли-хлорированными бифенилами (ПХБ) и гербицидами.

Формы физического состояния поступающих отходов сильно варьируются. С точки зрения технологических процессов обработки отходы разделены на три группы: жидкие, пастообразные и твердые.

Безопасная и рациональная переработка отходов на предприятии предъявляет свои требования к упаковке отходов и используемым транспортным средствам. На предприятие отходы могут поступать в железнодорожных вагонах и цистернах, в автоцистернах, в илососах, на грузовых машинах.

Поступающие на завод ПО в зависимости от своих свойств подвергаются физико-химической или термической обработке. Физико-химическими методами в основном перерабатывают неорганические отходы, такие как: кислоты, щелочи, растворы цианидов, хроматов, предварительно нейтрализованные шламы.

Чтобы поступающие отходы подвергались качественной обработке, берут пробы. В зависимости от результатов анализа для партии отходов подбирают правильный способ обработки, для каждого вида отходов предусмотрена своя разгрузочная линия. Для отходов, содержащих цианиды, предусмотрено отдельное помещение для обработки. Таким образом предотвращается попадание кислых компонентов в цианид и последующее образование цианистого водорода.

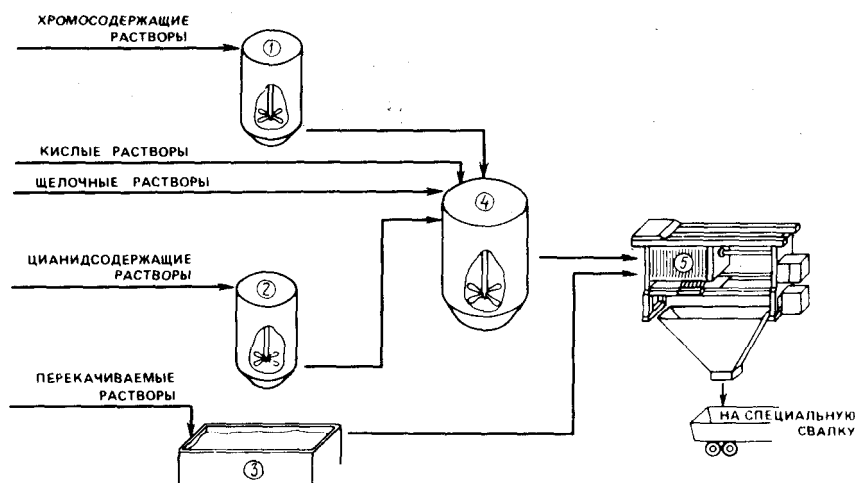


Рис. 91. Схема работы химической линии

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

Принцип обработки поступающих на физико-химическую установку в виде раствора или пульпы гальванических отходов, содержащих неорганические вещества, такие, как кислоты, щелочи, соли и т.д., заключается в превращении вредных веществ в безопасные или менее вредные соединения, или в их осаждении в качестве трудно растворимых соединений, которые можно выделить путем фильтрации. Содержащий вредные вещества осадок перевозят на специальную свалку. Фильтрат, в котором содержание вредных веществ ниже предельных значений, согласованных с органами власти, спускают в канализационную сеть близлежащего города. Обработка гальванических отходов ведется по схеме, показанной на рис. 91.

Хромосодержащий раствор перемещают из складского резервуара в реактор для восстановления хрома, где шестивалентный хром восстанавливают сульфитом натрия в трехвалентный хром. Так как процесс происходит в кислом растворе, то перед восстановлением добавляют требуемое количество серной кислоты. После того как обеспечено достаточно низкое содержание шестивалентного хрома, раствор подают на нейтрализацию, где трехвалентный хром осаждается в виде гидроксида.

Для веществ, содержащих цианиды, предусмотрено отдельное помещение обработки, в котором также находятся перед дальнейшей обработкой и транспортные цистерны. Транспортные цистерны разгружают в резервуар окисления, после чего их моют водой, которую направляют в резервуар окисления в качестве разбавляющей. После добавления известкового молока (рН выше 10,5) цианид окисляется гипохлоритом в изоцианат. После того, как достигнуто достаточно низкое содержание цианида, стоки поступают на нейтрализацию.

Нейтрализация производится в резервуаре, в который подают сначала определенное количество кислых растворов из соответствующего складского резервуара или из резервуара восстановления хрома. Затем часть кислот нейтрализуют щелочными растворами, получаемыми из резервуаров окисления цианидов или из соответствующего складского резервуара, остальные кислоты нейтрализуют известковым молоком. Когда раствор становится щелочным, тяжелые металлы осаждаются в качестве гидроксидов.

После того, как необходимое значение pH (7-10) достигнуто, производится фильтрация пульпы на фильтр-прессе. Осадок перевозят на специальную свалку, и фильтрат направляют в контрольный резервуар, где pH можно дополнительно отрегулировать до необходимого значения. Когда анализами установлено, что содержание вредных веществ ниже допустимых значений, фильтрат спускают через бассейн технологической воды в канализационную сеть города. В противном случае фильтрат возвращают на вторичную обработку.

В цехе сжигания непрерывно обезвреживается около 50000 т различных видов отходов в год. Из этого количества особо загрязненные сточные воды составляют около 15000 м³/г. Тепло рекупируется в котле-утилизаторе. Дымовые газы перед подводом в дымовую трубу очищают с помощью скруббера, орошаемого известковой водой и рукавного фильтра. Поступающие из цеха сжигания и скрубберов шлак, пыль и промывные отходы складывают на специальной свалке. В цех сжигания через приемный пункт поступают следующие виды ПО:

- • жидкие отходы — отработанное масло, органические перекачиваемые отходы, галогеносодержащие растворители, отходы с содержанием полихлорированных бифенилов, сжигаемые сточные воды;
- • пастообразные отходы — лакокрасочные, красочные и клеевые отходы, а также масляные пульпы;
- • твердые отходы - упакованные отходы в бочках, больничные отходы, другие виды твердых отходов, подача которых в барабанную печь осуществляется с помощью грейфера;
- • газообразные отходы -- отходящие газы, поступающие из вакуумных насосов приемного пункта отходов.

Линия сжигания (рис. 92) состоит из барабанной печи, котла-утилизатора, скруббера и пылевого фильтра. Отходы сжигают во вращающемся барабане печи и в камере дожигания. Бочки с твердыми отходами поступают в цех сжигания по рольгангу, с которого они по одной перемещаются через затвор в питательный бункер барабанной печи. Остальные твердые отходы после гомогенизации подают грейферным краном в питательный бункер, откуда они поступают на сжигание в печь.

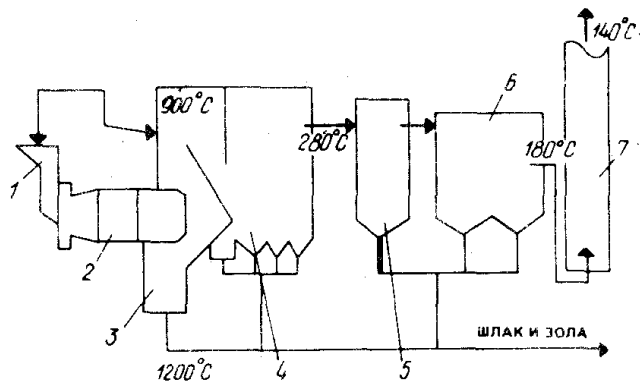


Рис. 92. Принцип работы линии сжигания

1 - бункер для отходов; 2 - барабанная печь; 3 - камера дожигания; 4 - котел-утилизатор; 5 - скруббер; 6 - пылевой фильтр; 7 - труба

Жидкие и пастообразные отходы перекачивают из расходных резервуаров в горелки барабана. Температуру барабанной печи регулируют с помощью горелки для отработанного масла. Нормальная температура сжигания составляет 900-1300°C. При сжигании галогеносодержащих углеводородов температуру поддерживают выше 1100°C. Сжигание производится со значительным избытком воздуха, что обеспечивает полное сгорание. Сжигание контролируется с помощью термометров, газоанализаторов и телевизионной камеры. Остающийся при сжигании расплавленный материал — шлак падает с барабана в охлаждающий бассейн, откуда его перевозят на шлаковый участок свалки.

В котле-утилизаторе вырабатывается пар высокого давления, что обеспечивает работу котла выше точки росы во избежание коррозии. Выработанный пар частично используют для собственных нужд предприятия, а остальную теплоту передают в теплофикационную сеть города Риихимяки.

Осажденную в котле-утилизаторе золу собирают в бункер и перевозят после увлажнения на свалку специальной конструкции. Дымовые газы очищают от кислотных соединений в струйном скруббере. Там газ проходит через струи известковой пульпы, причем хлорная, фтористоводородная кислоты, триоксид

серы и т.д. реагируют с гидроксидом кальция и образуют хлористый кальций, фторид кальция, сульфат кальция и т.д., которые отстаиваются в нижней части скруббера.

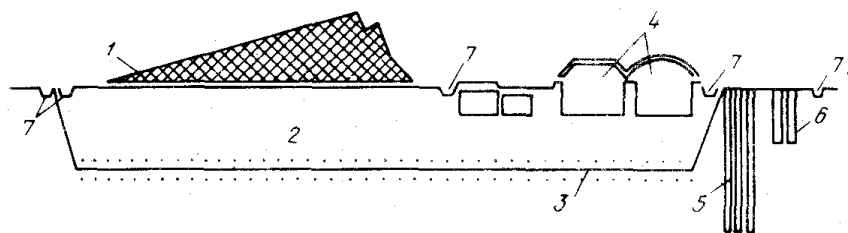


Рис. 93. Свалка для шлака

1 - шлак из цеха сжигания; 2 - резервуар; 3 - линолеум; 4 - склад гальваношамов; 5 - артезианские колодцы; 6 - контрольные колодцы; 7 - обходные каналы

Цех сжигания эксплуатируется таким образом, что температура внутри барабана находится в пределах 1200—1500°C в зависимости от сжигаемых отходов. При этом все органические соединения разлагаются, а неорганические вещества, включая стальные емкости, сплавляются в инертный стекловидный шлак. Появляющаяся при сжигании пыль в основном содержит Са и СаСО₃.

Образующиеся на предприятии шлаковые и другие отходы складываются на свалке специальной конструкции (рис. 93), которая изолирована водонепроницаемым материалом от днища. Отходы складывают по видам отдельно друг от друга. Для контроля за грунтовыми водами на территории предусмотрены контрольные точки.

Сточные воды, образующиеся в технологических процессах, направляют либо в необработанном виде, либо с требуемой обработкой обратно на технологические нужды. В этих процессах они большей частью испаряются.

При нормальной эксплуатации в городскую канализационную сеть сбрасывают только сточные воды, поступающие из установки физико-химической очистки. Если нужно сбросить другие сточные воды производства в канализационную сеть, то их очищают до степени, определенной муниципалитетом. Дождевые воды собирают с помощью колодцев в уравнительный бассейн, откуда их отводят в открытую канаву или направляют на обработку и затем используют в технологических целях.

Процесс очистки состоит, в частности, из следующих отдельных этапов:

- • гравитационной сепарации масла и песка;
- • фильтрации через слой песка;
- • фильтрации активным углем;
- • химической флокуляции эмульсий и флотации;
- • удаления тяжелых металлов путем ионообмена.

Работа лаборатории является значительной частью системы заводской технологии переработки ПО. В ее функции входит отбор проб отходов для анализа, рассмотрение инструкций и сопроводительных документов для переработки отходов, контроль окружающей среды, проведение заказных анализов.

Основные сведения об отходах получают от поставщика по заполняемой анкете. Задачей лаборатории является быстрое выяснение соответствия сведений о качестве поступающих отходов результатам анализов и при несоответствии принятие определенных решений [12].

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 этот завод поставляются опасные ПО с территории всей страны, в том числе и те отходы с приемных пунктов, которые нельзя перерабатывать на месте. Завод "Сакаб" построен в 1983 г. Его стоимость -- 250 млн. шведских крон, или около 24 млн. инвалютных руб. Ниже представлен состав и объем перерабатываемых отходов.

Вещество	Количество отходов, т/г.
Нефтепродукты	30 000
Растворители	7 000
Краски и лаки	7 000
Кислые и щелочные отходы	3 000
Кадмий	100
Ртуть	1 000
Тяжелые металлы	5 000
Полихлордифенилы	100
Цианиды	200
Пестициды и т.п.	200
Опасные токсичные отходы, побочные продукты и т.п., которые не могут быть отнесены к другим основным категориям	5 000
Лабораторные отходы	50
Прочие отходы	1 000
Всего	60 150

Схема переработки ПО соответствует примерно технологии, принятой на заводах Дании и Финляндии. Аналогичные заводы и установки имеются и в других странах [26].

Определенные сдвиги наметились и в отечественной практике. С целью решения проблемы обезвреживания ПО институтом НИИПИ Генплана Москвы совместно с рядом институтов завершена схема очистки Москвы от ПО до 2000 г. МосводоканалНИИпроектом разработан централизованный комплекс по обезвреживанию и переработке по заводской технологии нефтесодержащих и близких к ним по свойствам отходов и осадков с очистных сооружений промышленных предприятий, а также твердых отходов.

Для определения количественного и качественного состава вышеперечисленных ПО была выполнена их классификация. В ее основу положены технологические принципы переработки отходов. Суммарная мощность комплекса на 1990 г. составит 320,7 тыс. т в год или 1000 т/сут. Комплекс должен работать круглосуточно из расчета годового фонда времени 320 дней в году. Из этих условий определена суточная мощность комплекса, которая может корректироваться в процессе проектирования.

Согласно схеме очистки Москвы от ПО считается целесообразным размещение трех унифицированных комплексов вблизи наиболее насыщенных промышленными предприятиями планировочных зон города. Мощность одного из комплексов приведена в табл. 5.3.

5.3. Мощность одного унифицированного комплекса по переработке не утилизируемых промышленных отходов

Группа	Отходы	Мощность комплекса	
		тыс.т/год	т/сут
I	Жидкие горючие отходы нефтепродуктов (масла и пр.)	75	230
II	Смазочно-охлаждающие жидкости	53	165
III	Растворители (кроме хлорсодержащих)	4	10
IV	Твердые горючие отходы	20	70
V	Осадки нефтесодержащих сточных вод	105	310
VI	Отходы лакокрасочных материалов	6,5	20
VII	Гальваношламы	55	168
Итого:		320	1000

Обезвреживание особо токсичных отходов I и II классов опасности происходит на полигоне, разработанном институтом ГосНИИхлорпроект. Общая технологическая схема работы комплекса, проектируемого институтом МосводоканалНИИпроект, представлена на рис. 94.

В его составе предусмотрены производственные отделения:

- • приема и подготовки к сжиганию жидких горючих отходов;
- • приема и хранения растворителей и отходов лакокрасочных материалов;
- • приема и подготовки к термической обработке осадков нефтесодержащих сточных вод;
- • термической обработки отходов (нагретые газы от сжигания жидких и твердых горючих отходов используют для сушки и прокаливания негорючих отходов);
- • очистки отходящих газов;
- • очистки промышленных сточных вод комплекса;
- • складирования обезвреженных материалов.
- • Кроме того, предусматриваются обслуживающие отделения:
- • ремонтно-механическое;
- • служебно-бытовое;
- • вспомогательных служб.

Все отходы, поступающие на комплекс, проходят предварительную подготовку перед термической обработкой: обезвоживание, дробление, сортировку. Обезвоженные жидкие горючие отходы нефтепродуктов и смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), растворители и отходы лакокрасочного производства, производственный мусор сжигают, и тепло отходящих газов используют для обжига осадков нефтесодержащих сточных вод и сушки гальваношламов. Сточные воды, образующиеся в технологическом процессе обработки отходов, а также ливневые воды после очистки от механических примесей и нефтепродуктов используют для мойки автомашин комплекса, гашения золы, приготовления реагентов.

Дымовые газы подвергаются двухступенчатой сухой и мокрой очистке и через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Часть полученного котельного пара подается на отопление и горячее водоснабжение. Проектирование комплекса осуществляется на базе отечественного оборудования [19].

Сибирским филиалом НПО "Техэнергохимпром" (г. Бердск, Новосибирская обл.) разработано три типа барабанных печей разной производительности для сжигания ПО: Ф-10-72А-30/01 -- производительностью 550 кг, внутренний диаметр барабана 1,6 м, длина 20 м; Ф-02-76-30/0 — производительностью 750 кг/ч,

внутренний диаметр барабана 2,2 м, длина 18 м; СФ-369.01 -- производительностью 3700 кг/ч, внутренний диаметр барабана 3,5 м, длина 16 м. Изготовители первых двух вариантов печей — Бердический завод "Прогресс"; последнюю печь изготавливает п/о "Уралхиммаш". Печи оснащаются загрузочными устройствами, камерами дожигания, котлом-утилизатором, системами пылегазоочистки [2, 34].

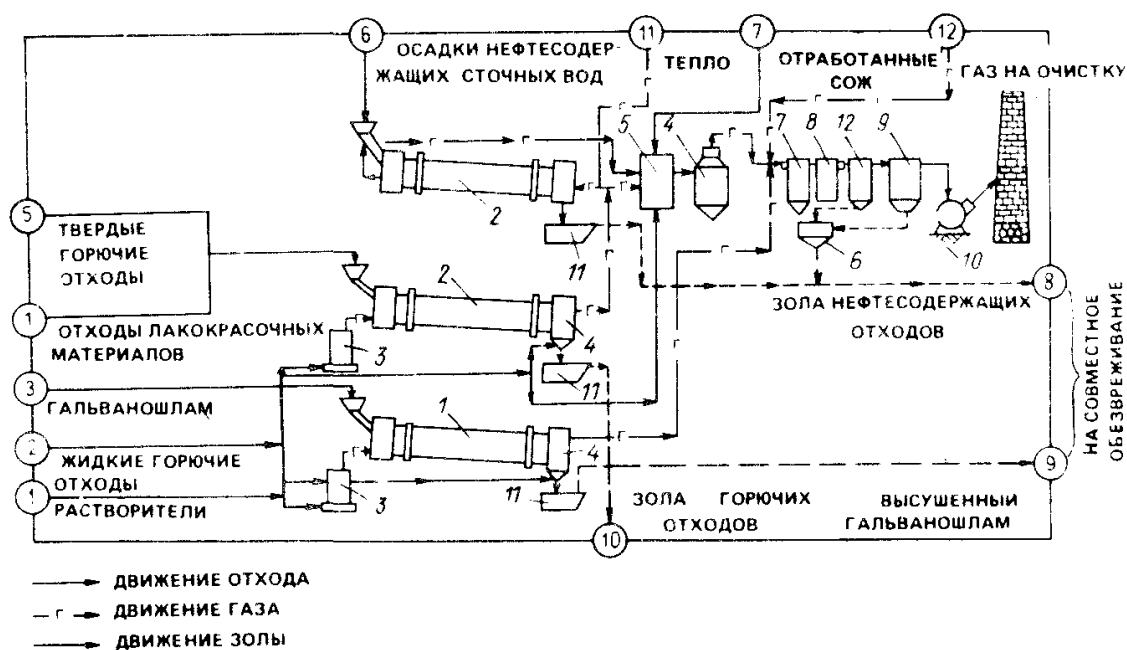


Рис. 94. Технологическая схема термической обработки ПО

1 - барабанная сушилка; 2 - барабанная печь; 3 - топка для жидких отходов; 4 - камера дожигания; 5 - выпарная установка; 6 - сборник золы; 7 - циклон; 8 - котел-утилизатор; 9 - мокрая очистка газов; 10 - дымосос; 11 - выгрузка золы; 12 - электрофильтр

ГЛАВА 6. ПРАВОВЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ПО И ЗАГРЯЗНЕНИЙ

6.1. Система контроля, правовой охраны, государственного управления и санитарного законодательства в области окружающей среды.....	191
6.2. Экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству загрязнением окружающей среды.....	194
6.3. Экономическая эффективность мероприятий по охране окружающей среды.....	196

6.1. Система контроля, правовой охраны, государственного управления и санитарного законодательства в области окружающей среды

Основные принципы права социалистического общества подразделяются на обще социальные и специально юридические. Практическая реализация основных принципов права в регулировании общественных отношений не может быть осуществлена вне межотраслевых и специально юридических его принципов, к числу которых можно отнести принципы правовой охраны окружающей среды. Принципы отношения социалистического общества к природе, правовые основы ее охраны были разработаны В.И. Лениным. Они нашли выражение в первых декретах Советской власти и в первую очередь в Декрете о земле, принятом 26 октября 1917 г. на II Всероссийском съезде Советов.

Эти принципы закреплены Конституцией СССР (ст. 18, 67). 4 июля 1985 г. было принято постановление Верховного Совета СССР о соблюдении требований законодательства об охране природы и рациональном использовании природных ресурсов. Специально юридические принципы правовой охраны окружающей среды в СССР следующие:

- 1) признание охраны среды обитания общегосударственной задачей и делом всего народа;
- 2) неразрывная связь охраны окружающей среды с увеличением численности населения, ростом производства;
- 3) рациональное использование природных ресурсов;
- 4) сохранение и поддержание благоприятных для жизни людей природных условий;
- 5) сочетание внутригосударственных и межгосударственных мер охраны окружающей среды;
- 6) предвидение потенциальных экологических изменений;
- 7) учет демографических и производственных факторов (численности населения, объема потребления ресурсов) в целях сохранения благоприятных для жизни людей природных ресурсов.

В основе правовой охраны окружающей среды в СССР лежит право собственности на основные природные объекты. В общем виде правоохранительная функция Советского государства распадается на две тесно связанные между собой части, которые включают контрольно-надзорные формы и формы, связанные с непосредственным привлечением нарушителей природоохранного законодательства к юридической ответственности. Контрольно-надзорная форма реализации этой функции Советского государства зависит от характера социальных образований.

С этой точки зрения можно выделить два вида контроля (надзора): государственный и общественный. В свою очередь каждый из них может быть расчленен. Например, государственный контроль (надзор) можно представить в виде ведомственного, финансового, технического и санитарного. Общественный контроль (надзор) также может быть подразделен на партийный контроль и контроль (надзор) других общественных организаций. Среди всех видов контроля (надзора) за выполнением правовых норм по охране окружающей среды важнейшее место занимает партийный контроль. При его осуществлении особая роль принадлежит организованному при ЦК КПСС Комитету партийного контроля.

Государственный и общественный контроль (надзор) в области охраны окружающей среды во многом зависит от специфики функций соответствующих органов государства и добровольных объединений (сообществ) граждан. Очевидно, что государственные органы, которые созданы непосредственно для проведения природоохранительной работы, используют более эффективно в своей деятельности весь комплекс контрольно-надзорных способов по сравнению с другими органами государства, причем применительно ко всем без исключения природным объектам. Из добровольных объединений граждан можно также выделить такие, которые занимаются исключительно или преимущественно охраной окружающей среды и соответственно применяют в своей работе достаточно широкий круг контрольно-надзорных способов. Иллюстрацией этому может служить деятельность созданных при местных отделениях Всероссийского общества охраны природы общественных инспекций по охране природы, работа различных специализированных общественных инспекций, движение возникших в последнее время неформальных объединений "зеленых". Указанные инспекции контролируют соответствующие государственные органы, органы внутренних дел и одновременно оказывают им серьезную помощь.

В связи с возрастанием роли государственного управления в области социалистического природопользования и расширения сферы правового регулирования природоохранительных общественных отношений повышается значение механизма обеспечения социалистической законности в области природопользования и охраны окружающей среды. Особым звеном этого механизма являются органы прокуратуры, осуществляющие в соответствии с Конституцией СССР высший надзор за точным исполнением законов всеми государственными организациями, предприятиями, учреждениями, должностными лицами и гражданами. Осуществляя общий надзор за соблюдением законодательства об охране окружающей среды, органы прокуратуры не только участвуют в реализации природоохранительной

функции Советского государства, но и обеспечивают осуществление гарантированных прав и законных интересов в области охраны окружающей среды.

В рамках перечисленных выше форм в реализации природоохранительной функции Советского государства участвуют практически все органы государственной власти и управления. В соответствии с действующим законодательством, центральные и местные органы государственной власти и управления обладают всей полнотой компетенции в решении вопросов на соответствующей территории. Так, Верховный Совет СССР и Верховные Советы союзных республик принимают законы по вопросам рационального природопользования и охраны природы, утверждают государственные планы экономического и социального развития. Начиная с 1975 г. в планах появились самостоятельные разделы охраны природы. Эти планы разрабатываются в соответствии с партийными директивами. В документах партии, материалах съездов и пленумов ЦК большое внимание, особенно в последние годы, уделяется вопросам охраны окружающей среды. Партийные документы служат руководящим началом в осуществлении функций государственного управления в области охраны окружающей среды как центральными, так и местными государственными органами. /Следует отметить, что в период застоя принятые правильные решения не всегда выполнялись должным образом.

Важное место в природоохранительной деятельности Верховных Советов занимает работа постоянных комиссий по охране природы. Они обсуждают проекты планов и дают по ним свои заключения, заслушивают на своих заседаниях руководителей министерств и ведомств. Советы Министров СССР, союзных и автономных республик, являясь высшими органами государственного управления на своей территории, также обладают общей компетенцией. Они организуют исполнение принимаемых органами государственной власти решений по охране окружающей среды. При Президиуме Совета Министров СССР создана комиссия по охране природы. Основная задача этой комиссии — информировать Совет Министров СССР о состоянии окружающей среды и давать свои рекомендации по экологическим вопросам. На местах государственными органами общей компетенции являются местные Советы народных депутатов и их исполкомы, осуществляющие в пределах предоставленных им полномочий функции государственного управления в области природопользования и охраны окружающей среды.

Вместе с тем значительная роль в государственном управлении окружающей средой отводится действующим законодательством специальным государственным органам. Среди специально уполномоченных органов охраны окружающей среды выделяются органы межотраслевой и специальной компетенции. К числу органов межотраслевой компетенции относятся Госплан СССР, Госстрой СССР, Государственный комитет СССР по науке и технике, Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Особое место среди специализированных органов занимает Госкомитет СССР по гидрометеорологии. Основная задача этого комитета -- осуществление мониторинга окружающей среды, что является важной составной частью реализации природоохранительной функции. На основании результатов мониторинга принимаются решения об использовании природных ресурсов в народном хозяйстве, составляются карты экологического состояния и прогнозируются экологические ситуации на определенных территориях. В рамках комитета создано Главное управление по охране атмосферного воздуха. На местах создаются территориальные структурные подразделения этого органа. Госкомитет и его структурные подразделения на местах осуществляют экологические экспертизы проектов строительства и реконструкции различных объектов, оказывающих воздействие на состояние окружающей среды. Ведущая роль в области проблем экологии принадлежит Государственному комитету СССР по охране природы.

К органам специальной компетенции может быть отнесен целый ряд общесоюзных и союзно-республиканских министерств. Каждое из отраслевых министерств обладает надведомственными функциями в решении вопросов данного министерства. В соответствии с "Общим положением о министерствах СССР", министерства обеспечивают рациональное использование и восстановление природных ресурсов, учитывая при их эксплуатации интересы других отраслей и народного хозяйства в целом, осуществляют необходимые мероприятия по охране воздуха, почвы, водоемов от загрязнения промышленными и хозяйственными выбросами, сточными водами, радиоактивными веществами и отходами производства, а также мероприятия по сохранению растительного и животного мира. Из приведенного нормативного предписания следует, что охрана окружающей среды является одной из функций каждого министерства СССР применительно к предмету компетенции этого министерства. Между тем анализ полномочий и практической деятельности перечисленных выше государственных органов в области охраны окружающей природной среды показывает, что решены далеко не все вопросы государственного управления и контроля в этой сфере. Необходимость настойчивой и целеустремленной работы по совершенствованию государственного управления в области охраны окружающей среды, преодолению ведомственного подхода в этой сфере подчеркивалась на XXVII съезде партии, последующих пленумах ЦК КПСС.

Одним из способов правовой охраны окружающей среды является юридическая ответственность. Основанием для применения мер эколого-юридической ответственности считается экологическое правонарушение. Под экологическим правонарушением понимается деяние, нарушающее установленные правовые требования по охране окружающей среды, причинившее либо способное причинить вред состоянию окружающей среды, а также здоровью людей. Последствие экологического правонарушения учитывается при выборе меры юридической ответственности. В качестве субъектов эколого-юридической ответственности выступают те субъекты советского права, на которых возложены определенные обязанности по охране окружающей среды.

Предотвращение экологических правонарушений в области ПО определяется санитарным законодательством. С выходом постановления Совета Министров СССР от 3 мая 1984 г. "Об утилизации, обезвреживании и захоронении токсичных промышленных отходов" и приказа министра здравоохранения

СССР от 25 мая 1984 г. с аналогичным названием, была проведена большая работа по претворению в жизнь этого важнейшего документа.

К разработке санитарного законодательства в области обезвреживания токсичных ПО были привлечены Институт физиологически активных веществ АН СССР, НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина АМН СССР, НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР и другие научные учреждения страны [20].

НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина был предложен расчетный метод для определения класса опасности с вероятностным допуском при оценке возможного влияния ПО на окружающую среду: использование гигиенических регламентов и параметров токсикометрии как наиболее значимых при оценке вредного влияния ПО; оценка класса опасности смеси сложного состава по ведущим компонентам смеси; оптимальное сочетание сравнительно доступных гигиенических, токсикологических и физико-химических параметров, позволяющих адекватно оценить вероятное вредное воздействие токсичных веществ на окружающую среду. При определении класса опасности учтены критерии вредного воздействия: ПДК химических веществ в почве, ЛД₅₀, концентрация компонентов в общей массе отходов, растворимость химических компонентов в воде, летучесть. Методика позволяет расчетным путем отнести те или иные ПО к одному из четырех классов токсичности.

В связи с разработкой первого документа возникла необходимость определить, какой вред может нанести окружающей среде и здоровью рабочих скопление токсичных ПО на промышленной площадке предприятия, если образующиеся отходы не вывозить. Для этого разработан и рекомендован для внедрения в практику второй документ: "Предельное количество накопления токсичных ПО на территории предприятия (организации).

Предельное количество отходов на территории предприятия -- это количество отходов, которое допускается размещать на территории промышленной площадки в закрытом или открытом виде при условии возможного выделения вредных веществ в воздушную среду территории предприятия в концентрациях, не превышающих 30 % ПДК в рабочей зоне, и отсутствия загрязнения почвы и водных объектов в количествах, превышающих санитарные нормы.

Предельное количество отходов на территории определяется предприятием по согласованию с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы на основе классификации отходов по классу опасности веществ -- компонентов отходов, по их физико-химическим свойствам -- агрегатному состоянию, летучести, возможности химических реакций, направленности биологического действия с учетом возможности комбинированного воздействия. Накопление и хранение отходов на территории предприятия допускается временно в следующих случаях:

- при использовании отходов в последующем технологическом цикле с целью их полной утилизации;
- при временном отсутствии полигонов для захоронения или тары для хранения отходов, транспортных средств для вывоза отходов на полигоны обезвреживания и захоронения.

Способ временного хранения отходов определяется классом опасности веществ -- компонентов отходов. Токсичные ПО представляют опасность для окружающей среды и здоровья населения не только в твердом состоянии, но и в виде сточных вод, удаляемых, как правило, в накопители, где их подвергают частичному обезвреживанию. Вместе с тем перегрузка накопителей концентрированными сточными водами значительно загрязняет окружающие сельскохозяйственные угодья и населенные пункты.

Во избежание негативных последствий влияния концентрированных сточных вод разработан и введен в действие третий санитарно-законодательный документ: "Предельное содержание токсичных соединений в промышленных отходах в накопителях, расположенных вне территории предприятия (организации)", утвержденный Минздравом СССР 19 ноября 1985 г., который дает возможность снизить и исключить токсичное воздействие накопителей на окружающую среду. Разработаны расчетные параметры допуска количественного накопления отдельных токсичных веществ с учетом того, что на вновь строящихся или реконструируемых предприятиях необходимо предусмотреть применение безотходных и малоотходных технологических процессов, обеспечивающих комплексное использование природных ресурсов и утилизацию токсичных ПО.

Четвертым документом, регламентирующим возможность обезвреживания части твердых ПО на полигонах ТБО, является "Предельное количество токсичных промышленных отходов, допускаемое для складирования в накопителях (на полигонах) твердых бытовых отходов. Нормативный документ", утвержденный Минздравом СССР 30 мая 1985 г. N 3897--85, позволяющий вывоз части ПО IV и III классов опасности для совместного складирования в высоконагружаемых полигонах или использование таких отходов в качестве инертного изолирующего материала для прослойки бытовых отходов.

Теоретические разработки, изложенные в приведенных выше документах, позволили создать пятый санитарно-законодательный документ, касающийся прикладной, но не менее ответственной стороны дела -- "Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов. Санитарные правила", утвержденный Минздравом СССР 29 декабря 1984 г. N 3183--84. Этот документ предназначен для министерств и ведомств СССР, органов санитарно-эпидемиологической службы, органов коммунального хозяйства, которые должны пользоваться им при осуществлении работ, а также при осуществлении контроля за их эффективностью. В документе изложены важнейшие положения по накоплению ПО, определению класса опасности и транспортированию их на полигон, санитарные

требования к транспортированию, правила обезвреживания и захоронения токсичных отходов, гигиенические требования к выбору способа захоронения ПО, предупредительный и текущий санитарный надзор, гигиена труда и производственная санитария. В приложении представлен перечень методов определения тридцати двух приоритетных веществ, загрязняющих почву. Госстроем СССР утверждены также СНиП 2.01.28-85 "Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию".

Седьмым санитарно-законодательным документом являются "Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы по контролю за реализацией мероприятий, направленных на санитарную охрану окружающей среды от загрязнений твердыми и жидкими токсичными отходами промышленных предприятий". Изложенные материалы направлены на оказание помощи ведомственным промышленным лабораториям и органам санитарного надзора по организации проводимых работ в условиях каждого промышленного предприятия.

Кроме того, разработан еще один санитарно-законодательный документ "Классификатор токсичных промышленных отходов и методика определения класса опасности". Документ составлен на основании материалов инвентаризации токсичных ПО, проведенной шестью промышленными министерствами СССР. Документ позволяет определить токсичные отходы каждого производства и установить, какими методами они обезвреживаются, утилизируются или захороняются.

Действующий комплекс законодательных актов и постановлений в области охраны окружающей среды предусматривает обязанность природопользователей рационально эксплуатировать природные ресурсы, предотвращать их загрязнение промышленными и бытовыми отходами. Предусматривается, в частности, внедрение в этих целях новых технологических процессов, замкнутых циклов потребления отдельных природных ресурсов.

Конкретные меры административной, материальной, дисциплинарной ответственности за нарушение природоохранных правовых требований предусматриваются в законе общесоюзного значения либо в законах союзных республик. Меры уголовно-правовой ответственности предусматриваются уголовными кодексами союзных республик. Составной частью экологического правонарушения наряду с его традиционными элементами является причинение вреда или ущерба, который может быть экономическим и экологическим. Оценка экологического ущерба и неблагоприятных последствий, которые наступают в окружающей среде от загрязнения ПО, в денежном выражении достаточно трудна, однако нанесенный ущерб должен учитываться при применении мер юридической ответственности.

6.2. Экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству загрязнением окружающей среды

По своему содержанию экономический ущерб от загрязнения окружающей среды представляет экологическую составляющую общественно необходимых затрат, т.е. издержки общества, вызванные отрицательным воздействием на различные элементы среды процессов производства и потребления продукции. Это прежде всего издержки, связанные с влиянием загрязнения на здоровье людей (недопроизводство национального дохода, дополнительные затраты на лечение и профилактику болезней), дополнительные затраты на компенсацию интенсивного износа основных фондов производства, жилищно-коммунального хозяйства и обусловленные этим различные потери, недопроизводство продукции сельского, лесного хозяйства и пр.

Единой мерой при оценке экономического ущерба выступает количество рабочего времени или количество труда. Загрязнение окружающей среды может приводить к прямой потере рабочего времени (труда): невыход на работу из-за болезни части рабочих, потеря части продукции сельского или лесного хозяйства (снижение урожайности или продуктивности культур), промышленности (коррозия основных фондов). Потеря может носить и косвенный характер: общество вынуждено отвлекать часть рабочей силы на ликвидацию или предотвращение последствий загрязнения. В результате ущерб выступает не только как средство экономических расчетов, но и как единая мера комплексной оценки влияния загрязнения среды на различные подразделения народного хозяйства. Это позволяет считать возможным суммирование различных локальных ущербов.

Загрязнение окружающей среды приводит к возникновению двух видов затрат в народном хозяйстве: затрат на предупреждение воздействия загрязнения среды на реципиентов (в тех случаях, когда такое предупреждение, частичное или полное, технически возможно) и затрат, вызываемых воздействием на них загрязненной среды. Затраты последнего типа возникают, если полное предупреждение такого воздействия невозможно, или если затраты на полное предупреждение воздействия оказываются большими, чем сумма затрат обоих типов при частичном предотвращении воздействия загрязненной среды на людей и различные объекты. Поскольку при выбросе загрязнений в среду подобные ситуации случаются часто, оба указанных типа затрат обычно имеют место одновременно. Сумма затрат этих двух типов называется экономическим ущербом, причиняемым народному хозяйству загрязнением окружающей среды (далее -- экономическим ущербом от загрязнения окружающей среды).

В хозяйственных расчетах обычно используются еще два понятия: возможный и предотвращенный ущерб. Возможный (ожидаемый) ущерб -- это условное теоретическое значение ущерба, который ожидается в перспективе при предполагаемом состоянии загрязнения окружающей среды. Ликвидация этого ущерба в результате проектируемых или фактически выполняемых средозащитных мероприятий представляет собой предотвращенный ущерб.

Экономический ущерб -- величина комплексная. Как правило, его выражают суммой основных локальных ущербов: от ухудшения здоровья населения, а также от ущерба коммунальному, сельскому и лесному

хозяйствам, промышленности и . другим подразделениям народного хозяйства. Экономический ущерб формируется под воздействием трех групп факторов:

- • влияния (характеризует степень загрязнения того или иного элемента окружающей среды);
- • восприятия (представляет собой объекты, воспринимающие негативное воздействие загрязнения);
- • состояния (отражает уровень нормативных экономических показателей, переводящих натуральные показатели в стоимостные).

К факторам влияния в общем случае могут быть отнесены концентрация, количество и токсичность вредных веществ в данном районе. В свою очередь факторы влияния зависят от ряда первичных параметров. При загрязнении атмосферного воздуха такими первичными факторами можно считать: объем, структуру и токсичность выбрасываемых технологических газов, технические особенности источника выбросов (его концентрированность, скорость и температуру газов на выходе из трубы и т.д.), климатические и топографические факторы, т.е. те факторы, которые способствуют созданию в данном районе концентрации загрязняющих агентов. Если форма загрязнения отличается от традиционной (химического или механического загрязнения), специфический характер носят и факторы влияния. Наиболее яркими примерами являются акустическое (шумовое) загрязнение воздушной среды и термальное загрязнение вод. В первом случае в качестве факторов влияния следует рассматривать уровень и частоту звука, во втором — температурное изменение воды.

Факторы восприятия представляют собой основные объекты народного хозяйства, попадающие в зону загрязнения и воспринимающие его негативное воздействие: элементы коммунального хозяйства, сельскохозяйственные и лесные площади, основные фонды промышленности, транспорта, связи.

К факторам состояния относятся экономические показатели, которые служат для перевода изменений в обществе и природе в стоимостные оценки. Основными из них можно считать: чистую продукцию, производимую в течение одного дня работником, выплаты по больничным листам в течение одного дня на одного работающего; затраты на медицинское обслуживание в течение одного дня на одного заболевшего; стоимость различных работ по содержанию жилищно-коммунального хозяйства и городского общественного транспорта, необходимых для проживания 1 тыс. человек; стоимость единицы продукции, среднюю продуктивность сельского хозяйства; затраты, связанные с производством единицы продукции лесного хозяйства, а также выращиванием 1 га лесных площадей; стоимость различных работ по содержанию основных фондов в 1 млн.руб.; стоимость единицы утилизированного сырья и др.

Названные факторы при формировании суммарного ущерба выступают в неразрывной связи, т.е. об экономическом ущербе можно говорить только при наличии всех трех групп факторов.

Для количественной оценки экономического ущерба используют три основных метода: метод прямого счета, базирующийся на сравнении показателей загрязненного и условно чистого (контрольного) районов; аналитический метод, основанный на получении математических зависимостей (например, с помощью многофакторного анализа) между показателями состояния соответствующей экономической системы и уровнем загрязнения окружающей среды; эмпирический, суть которого состоит в том, что зависимость ущерба от уровня загрязнения, полученная на основе первых двух методов на частных объектах, обобщается и переносится на однородные исследуемые объекты. В результате создается методика, в основе которой лежат эмпирические оценки удельных ущербов.

Объединенной комиссией АН СССР и ГКНТ по экономической оценке природных ресурсов и мероприятий по охране окружающей природной среды и Научным Советом АН СССР по экономической эффективности основных фондов, капитальных вложений и новой техники разработана 'Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды'. Согласно этой методике расчеты по определению экономического ущерба от загрязнения окружающей среды проводятся при планировании и проектировании средоохранительных мероприятий во всех случаях, когда определяется чистый экономический эффект этих мероприятий.

Конкретные методы и удельные нормативы укрупненных показателей экономического ущерба от загрязнения окружающей среды устанавливаются на основе приведенных в методике рекомендаций и приводятся в рецепиентных методиках определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды, перечень и порядок разработки которых устанавливаются Госпланом СССР по согласованию с Госкомгидрометом.

Затраты на предупреждение воздействия загрязненной среды на реципиентов при загрязнении водоемов определяются размерами расходов, необходимых для предупреждения использования загрязненной воды на технологические и коммунально-бытовые нужды. К числу таких расходов относятся затраты на разбавление сточных вод, на применение более сложных, чем при отсутствии загрязнений, способов очистки воды при водоподготовке, а также затраты на перенос водозабора или перемещение водопотребителей к более чистым водным источникам, на организацию использования новых чистых источников и т.п.

При атмосферном загрязнении аналогичные затраты возникают при применении систем очистки (кондиционирования) воздуха, поступающего в жилые и производственные помещения, при подаче (из загрязненного района) воздуха для технологических нужд, создании санитарно-защитных зон и выносе источников загрязнения за пределы города и т.п.

При загрязнении акустической среды подобные затраты имеют место во всех случаях, когда между источником шума и людьми возводятся шумозащитные и экранирующие сооружения-стенки, насыпи, проводится заглубление источника шума (автомагистраль, силовая установка и т.п.) или применяют специальные шумозащитные конструкции окон, а также в случае использования жилья, находящегося в зоне акустического загрязнения, под нежилые помещения и при выносе источника шума.

К затратам на предупреждение воздействия загрязненной среды относятся также затраты на сбор, удаление и захоронение отходов производства и потребления, включая и потери от специального выделения земель на организацию мест хранения отходов.

Во всех случаях при определении ожидаемого экономического ущерба от загрязнения окружающей среды на основе вариантных расчетов устанавливают минимально необходимые затраты на предупреждение воздействия загрязненной среды. Затраты, вызываемые воздействием загрязненной среды на реципиентов, имеют место главным образом при загрязнении атмосферы, акустической среды населенных мест, водных источников (для тех водопотребителей, которые используют загрязненную воду -- орошаемое земледелие, гидротехнические сооружения и объекты). Размеры этих затрат определяются расходами на компенсацию негативных последствий воздействия загрязнений на людей и различные объекты.

Затраты, вызываемые воздействием загрязненной среды на реципиентов, определяются как сумма приведенных затрат на:

- • медицинское обслуживание и содержание населения, заболевшего вследствие загрязнения окружающей среды;
- • компенсацию потерь чистой продукции из-за снижения производительности труда, а также невыходов трудящихся на работу вследствие болезней, вызванных воздействием загрязненной окружающей среды;
- • дополнительные услуги коммунально-бытового хозяйства в загрязненной среде;
- • компенсацию количественных и качественных потерь продукции из-за снижения продуктивности земельных, лесных и водных ресурсов в загрязненной среде;
- • компенсацию потерь промышленной продукции из-за воздействия загрязнений на основные фонды.
- • В составе затрат, вызываемых воздействием загрязненной среды, должны также учитываться затраты, вызываемые вторичным загрязнением (от сжигания отходов, их проникания в окружающую среду в процессе хранения и т.п.). Основными реципиентами являются:
- • население;
- • объекты жилищно-коммунального хозяйства (селитебная территория, жилищный фонд, городской транспорт, зеленые насаждения и др.);
- • сельскохозяйственные угодья;
- • лесные ресурсы;
- • элементы основных фондов промышленности и транспорта;
- • рыбные ресурсы;
- • рекреационные ресурсы.

6.3. Экономическая эффективность мероприятий по охране окружающей среды

Защита окружающей среды от загрязнения ПО является одним из элементов системы рационального использования природных ресурсов. Она непосредственно связана с решением социальных и экономических проблем. Естественно, что принципы оценки ее эффективности должны базироваться на основных положениях теории эффективности капитальных вложений, новой техники, использования природных ресурсов. Так как народное хозяйство есть неразрывный комплекс взаимосвязанных отраслей и производств, необходим учет внеотраслевых эффектов каждого внутриотраслевого мероприятия. Поэтому экономическую эффективность мероприятий по охране окружающей среды на предприятиях в государственном масштабе нельзя определить только на основе анализа деятельности одного предприятия или одной отрасли.

Частично эффект охраны окружающей среды находит свое отражение в улучшении экономических показателей самого предприятия: дополнительно утилизируется ценное сырье, в ряде случаев уменьшается износ основных фондов в результате улучшения санитарно-гигиенических условий труда, снижается заболеваемость и текучесть кадров, повышается производительность труда. Однако основная часть экономического эффекта охраны окружающей среды выходит за отраслевые рамки и реализуется в здравоохранении, в коммунальном, сельском и лесном хозяйствах, других подразделениях и отраслях народного хозяйства. Все это делает комплексный народнохозяйственный подход единственно верным методологическим критерием оценки эффективности природоохранных мероприятий.

Типовая методика расчета экономической эффективности капитальных вложений использует отношение прироста годового национального дохода (чистой продукции при его заданной структуре) в сопоставимых ценах ДД к вызвавшим прирост капитальным вложениям К в сферу материального производства: $\mathcal{E}_K = \Delta D / K$.

Эффективность охраны окружающей среды от загрязнения должна выражаться в приросте национального дохода (чистой продукции). Размер экономического эффекта охраны окружающей среды Э может быть определен как разность полных народнохозяйственных затрат в существующем варианте и варианте, предусматривающем проведение мероприятий по защите окружающей среды, плюс разность результатов, достигаемых при проведении обоих вариантов:

$$\mathcal{E} = (C_x - C_y) + (R_x - R_y),$$

где C_x -- полные народнохозяйственные затраты в варианте, не предусматривающем проведение мероприятий по охране окружающей среды; C_y - полные народнохозяйственные затраты, включающие затраты по охране окружающей среды; R_y — результат, достигаемый при проведении мероприятий по охране окружающей среды; R_x - результат, полученный в случае, когда мероприятия по охране окружающей среды не предусматриваются.

Следует различать определение фактического и ожидаемого (планово-проектного, прогнозного) чистого экономического эффекта средозащитных мероприятий. Фактический экономический эффект определяют для уже осуществленных мероприятий одновариантно на основе сопоставления фактически имевших место затрат и достигнутого экономического результата.

Ожидаемый чистый экономический эффект определяют на этапах формирования планов НИОКР, проектирования, создания и освоения новой природоохранной техники на основе многовариантного анализа ожидаемых затрат и результатов с целью выбора варианта средозащитных мероприятий, обеспечивающего достижение максимального размера чистого экономического эффекта при соблюдении установленных требований к качеству окружающей среды.

Показатели затрат в результате средозащитных мероприятий определяют применительно к первому году после окончания планируемого (нормативного) срока освоения производственной мощности природоохранных объектов. Затраты, результаты и эффект определяют в годовом исчислении. При несовпадении и изменении во времени затрат и результатов по сравниваемым вариантам средозащитных мероприятий выбор вариантов производится с учетом фактора времени.

Затраты на осуществление средозащитного мероприятия при определении экономического эффекта от внедрения этого мероприятия исчисляют в форме совокупных эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных к годовой размерности с учетом фактора времени.

Методы определения затрат на осуществление средозащитных мероприятий, включая методы отнесения на эти варианты общепроизводственных расходов, детализируются в отраслевых методиках определения экономической эффективности осуществления средозащитных мероприятий. В соответствии с "Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды", экономический результат средозащитных мероприятий P выражается в размерах предотвращаемого благодаря этим мероприятиям годового экономического ущерба от загрязнения среды Π (для одноцелевых средозащитных мероприятий) или в сумме размеров предотвращаемого годового экономического ущерба и годового прироста доходов (дополнительного дохода) от улучшения производственных результатов деятельности предприятия (группы предприятий) ΔD (для многоцелевых средозащитных мероприятий), т.е. $P = \Pi + \Delta D$.

Размер предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды Π равен разности между расчетными размерами ущерба, который имел место до осуществления рассматриваемого мероприятия Y_1 , и остаточного ущерба после проведения этого мероприятия Y_2 : $\Pi = Y_1 - Y_2$.

Определение общей (абсолютной) экономической эффективности природоохранных затрат производится с целью:

- • установления народнохозяйственных размеров затрат на охрану окружающей среды;
- • выявления динамики эффективности этих затрат и темпов их роста;
- • оценки отраслевых и территориальных пропорций при распределении капитальных вложений;
- • оценки степени освоения капитальных вложений;
- • характеристики фактической и планируемой эффективности затрат;
- • принятия решений об очередности проведения природоохранных мероприятий.

Показателем общей (абсолютной) экономической эффективности средозащитных затрат $\mathcal{E}_3$ является отношение годового объема полного экономического эффекта к сумме вызвавших этот эффект приведенных затрат 3 (т.е. эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности):

$$\mathcal{E}_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij} / 3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij} / C_n + C_n K_n,$$

где $\mathcal{E}_3$ -- полный экономический эффект i -го вида ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) от предотвращения (уменьшения) потерь на j -м объекте ($j = 1, 2, 3, \dots, m$), находящемся в зоне улучшенного состояния окружающей среды; C_n -- годовые эксплуатационные расходы на обслуживание и содержание основных фондов средозащитного назначения, вызвавших полный экономический эффект; K_n - капитальные вложения в строительство этих фондов; C_n -- нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений средозащитного назначения. Его величина в соответствии с Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений принимается равной 0,12.

При необходимости определение общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в средозащитные мероприятия осуществляется путем отнесения годового объема полного экономического эффекта за вычетом эксплуатационных расходов на содержание и обслуживание средозащитных объектов к капитальным вложениям, обеспечивающим этот результат:

Показатель общей эффективности капитальных вложений сопоставляется с нормативными и фактически достигнутыми показателями.

Полный экономический эффект осуществления средозащитных затрат бывает общий и хозяйственный. Общий эффект по народному хозяйству в целом, хозяйствам союзных республик, отраслям народного хозяйства, а также по отраслям непроизводственной сферы, функционирующим на основе хозрасчета, определяют по экономическому приросту оценки природных ресурсов или по приросту чистой продукции. Хозяйственный эффект по отдельным предприятиям и объединениям, административным, районным, территориально-производственным комплексам и промышленным узлам определяют по приросту прибыли или снижению себестоимости, а по мере перехода на исчисление чистой продукции (нормативной) -- по приросту ее величины.

По Методике можно рассчитать также общий экономический эффект от сокращения заболеваемости населения, от уменьшения потерь сырья, топлива, основных и вспомогательных материалов, твердых и жидких отходов, выбрасываемой пыли, от продуктивного использования основного производственного оборудования в условиях улучшенной природной среды.

В отраслях, организациях и учреждениях непроизводственной сферы, полностью или частично финансируемых из бюджета, методы расчета общего и хозяйственного эффекта идентичны: эффект определяют по размерам экономии среднегодовых затрат.

Список литературы

1. Аспекты. Информация из ФРГ -- Интербытмаш, М.: 1985 --С.20.
2. Багрянцев Г.И., Леонтьевский В.Г., Черников В.Е. Огневое обезвреживание отходов химических производств //Энергосбережение в химических производствах .-• Новосибирск: 1986 -- С.69-81.
3. Беляев В.А., Сумароков М.В., Эль Ю.Ф. Термическое обезвреживание токсичных отходов: Экспресс-информ -- М.: ГОСНТИ, 1985 ."Вып. 12.- С.30.
4. Беляев В.А., Лаврезов А.М., Будрейко Е.Н., Зайцев В.А. и др. Обезвреживание и утилизация токсичных промышленных отходов в г. Москве // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - 1987 -- N 5-6 (68-69) .- М.: ВИНТИ. С.31-35.
5. Березия Е.А., Конрад Е.К. Переработка промышленных отходов на специализированных межотраслевых комплексах как направление охраны окружающей среды в промышленно развитом центре -- Запорожье.: УКРНИ-ИНТИ, .- 1986 .- С.30
6. Вербавичус Е.Б. Утилизация токсичных отходов различных отраслей промышленности на Палемонасском керамическом заводе // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. — 1987 .-• N 5—6 (68-69) — М.: ВИНТИ, С.73-80.
7. Евилевмч А.З., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод .- Л.: Стройиздат, 1988 .- 247 с.
8. "Глюкауф"/Журнал по технике и экономике горной промышленности. - N 20 г. Эссен: 1985. -С.35.
9. Изразль Ю.А., Ровицкий Ф.Я. Берегите биосферу -- М.: Педагогика, 1987 .- С.129.
- Ю.Лавренов А.Н., Беляев В.А., Мании С.М., Боришанский Г.С. Пути решения проблемы обезвреживания и утилизации промышленных отходов в больших городах // Проблемы больших городов .— М.: МГЦНТИ, 1985. Вып. 15.1. -С.24.
- И.Ласкорин Б.Н., Громов Б.В.,Цыганков А.П., Севив В.П. и др. Безотходная технология в промышленности .— М.: Стройиздат, 1986 .— с.155.
- 12.Материалы советско-финского симпозиума по переработке сложных отходов .- Л.: 1985. -- С. 50.
- 13.Материалы фирмы "Оутокумпу" А/О Экокем Финляндия // Выставка "Технология-88" .- М., 1988. - С.27.
- 14.Муратова Л.А., Гольднн А.Я., Молодов П.В. Водопотребление и водоот-ведение автотранспортных и авторемонтных предприятий -- М.: Транспорт, 1988. " 205 с.
15. Мухина Л.И., Толстихии О.Н. Природа и научно-техническая революция .-- М.: Недра, 1985. -С.205.
16. Оборудование цехов электрохимических покрытий: Справочник -- Л.: Машиностроение, 1987. -210 с.
- 17.Охрана природы: Справочник / Под ред. К.П. Митрюшкина -- М.: Агропромиздат, 1987. --175 с.
- 18.Пономарев В.Г., Иокамис Э.Г., Монгайт И.Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов .-- М.: Химия, 1985. —230 с.
- Ю.Пальгуйов П.П., Сумароков М.В., Кузнецова Е.М., Беляев В.А. Разр-ботка централизованного комплекса по переработке и обезвреживанию нефте-содержащих и других промышленных отходов в г.Москве // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. -- N 5--6 (68-69) .-- М.: ВИНТИ, 1987. -48-63 с.
- 20.Перелыгин В.М., Павлов В.Н., Плугин В.П. и др. Санитарное законодательство в решении проблемы обезвреживания токсичных промышленных отходов и его роль в охране окружающей среды // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - N 5--6 (68-69) .- М.: ВИНТИ, 1987. -20-25 с.

- 21.Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов. Санитарные правила / Минздрав СССР .- М., 1985. -с.30.
- 22.Предельное количество токсичных промышленных отходов, допускаемое для складирования в накопителях (на полигонах) твердых бытовых отходов. Нормативный документ / Минжилкомхоз РСФСР .-- М., 1985. -с.32.
- 23.Проспект фирмы "Meissner Grundbau" ФРГ .- 1986. -с.27.
- 24.Разнощик В.В. О совместном складировании твердых бытовых и про-мышленных отходов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. --1987 .. N 5-6 (68-69) .- М.: ВИНТИ. - 1987. "81.85 с.
- 25.Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник / Под ред. А.Н. Мирного .- М.: Стройиздат, 1985. - 315 с.
- 26.Скрнявичус А.Л. Опыт эксплуатации полигонов в Швеции // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. -1987 - N 5-6 (68-69) .--М.: ВИНТИ, 1987. "62- 64 с.
- 27.Сумароков М.В., Молодов П.В., Кузнецова Е.М. Обезвреживание жидких и твердых не утилизируемых нефтеотходов // Тезисы докладов 2-й Всесоюз. науч. конф. "Проблемы энергетики теплотехнологии" .-- М., 1987 -166 с.
- 28.Туровский И.С., Двинских Е.В., Кирсанов В.А. Механическое обезвреживание осадка сточных вод автозавода им. А.Н. Лихачева // Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков машиностроительной промышленности .- М.: МДНТП им. Дзержинского, 1988 -15-16 с.
- 29.Установка "Элион" для очистки воды от ионов тяжелых металлов в замкнутых системах водного хозяйства гальванических производств / Украин. ин-т инж. водного хоз-ва .— Ровно, 1985. — с.5.
- 30.Утилизация твердых отходов / Под ред. Д. Вилсона .-- М., Стройиздат, 1985. "Т.І-ІІ. "320 с.
- 31.Финский торговый журнал. Энергия складирования. — Хельсинки.1985.
- 32.Шилин А.И. Опыт разработки и внедрения средств автоматизации гальванического производства: Тезисы докладов .— Ровно, 1986. — с.6.
- 33.Юдина С.М. Очистка малоэмульсионных сточных вод металлообрабатывающих производств: Дисс. ... канд. техн. наук .— М., 1986. -- с.180.
- 34.Оборудование энергосберегающих технологий / НИИ технико-эконом. исследований - Черкасы, 1988 -с.27.
35. Masbey E.D. Chemical waste transportation: a status report // Waste Age. -- 1987. .. N 10. "P. 90..94.
- 36.Hazardous waste news including SUPERFUND Update // Hazardous Waste News. -- 1988. -- 10. -- N 4. "P. 31-40.
37. Abort I.C. Waste recovery in Europe // Waste Age. -- 1987. - N 10. -P. 70-72.
38. Parker B.I. Waste import. Ban efforts are growing // Waste Age. -1987. - N 10. "P. 46-48.