

Тема 5: Инженерная защита окружающей среды

Последствия загрязнения природной среды

Современное воздействие человечества и природы характеризуется во многом **антропогенным загрязнением** окружающей человека природной среды.

Под **загрязнением** необходимо понимать любые изменения атмосферного воздуха, почвы, водоемов и других элементов природы, которые выводят систему из состояния равновесия.

В естественных условиях постоянно происходят загрязнения различных форм: появление и размножение в экосистеме чуждых ей видов организмов, например различных бактерий (такое загрязнение называют биологическим); увеличение концентраций тех или иных веществ и внесение в ландшафт чуждых веществ, например в результате природных катастроф или других явлений (ураганы, цунами, извержение вулканов и т.д.); изменение потоков энергии и появление новых источников энергии и т.д.

Главным для природных систем является **объем загрязнения**: в состоянии ли системы справиться с этим загрязнением или нет.

По существу **загрязнение** – все то, что находится не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы.

Загрязнителями являются химические вещества (жидкости, газы, в твердом состоянии), а также различные выбросы энергии, тепло, шум, излучения, вибрация и т.д.

В целом **загрязнения можно классифицировать** по следующим основным критериями:

- естественное (природное) и антропогенное;
- первичное, вторичное, многократное;
- по объектам воздействия: водоемы, почва, атмосфера, ландшафты, недра, растения, животные, люди, климат, территория, регион и др.;
- прямые, опосредованные, суммарные;
- по уровню последствий: локальные, региональные, национальные, континентальные, глобальные, катастрофические;
- по виду энергетического воздействия: механические, физические, физико-химические, химические, биологические в различных проявлениях и сочетаниях;

- по характеру загрязнения: изъятие природных ресурсов, изменение ландшафтов, преобразование территорий, исчезновение видов, загрязнение окружающей среды;
- по количественным показателям: в пределах установленных нормативов ниже и выше их; соответствие санитарным и гигиеническим нормам; проявление отрицательных эффектов, степень риска и т.д.;
- по временным нормативам: кратковременные, длительные, постоянные;
- по степени воздействия: последствия обратимые и необратимые, эффект явный или скрытый, с наличием вторичных факторов и цепных реакций и т.п.

В качестве примера глобального загрязнения в результате хозяйственной деятельности человека, которое ведет к непредсказуемым последствиям, можно привести стойкие органические загрязнители (СОЗ) – это первичные и побочные продукты промышленности. Появились они сравнительно недавно. В настоящее время к СОЗ отнесено 12 веществ: полихлорированные диоксины и фураны, полихлорбифенилы, ДДТ, хлордан, гептахлор, гексахлорбензол, токсафен, алдрин, диелдрин, эндрин и мирекс.

Как правило, СОЗ имеют некоторые общие характеристики: они представляют собой малолетучие химически прочные соединения, которые могут оставаться в окружающей среде в течение длительного времени, не подвергаясь разложению. Попав в воздух, СОЗ перемещаются на большие расстояния, вплоть до регионов, расположенных в тысячах километрах от первоначальных источников загрязнения, например таких, как Арктика.

СОЗ накапливаются в жировых тканях животных и человека. При этом даже малые концентрации некоторых стойких органических загрязнителей могут приносить существенный вред, приводя к развитию болезней иммунной и репродуктивной системы, врожденным дефектам у детей, раковым заболеваниям. Под воздействием СОЗ произошло резкое снижение численности популяций таких морских млекопитающих, как тюлень, дельфин, белуха. Высокая частота мертворожденных, выкидышей, врожденных пороков развития, болезней репродуктивной системы у женщин – вот неполный перечень последствий воздействия СОЗ на человека.

Всеобщее загрязнение окружающей среды в результате человеческой деятельности стало глобальным как по объему, так и по охвату всей планеты.

Антропогенное воздействие на окружающую среду характеризуется следующим:

1. Из биосферы выводятся различные по площади территории и акватории, существование экосистем на которых прекращается.

2. Из природной среды непрерывно изымается огромное количество веществ, в виде так называемых «полезных ископаемых»: углеводородного топлива, руд, нерудных минералов и т.д. Так, ежегодная добыча различных руд превышает 100 млрд. куб. м, условного топлива сжигается более 7 млрд. тонн в год.

3. Водные объекты от лужи до океана превращены в место сброса самых разнообразных жидких, твердых и газообразных отходов, включая стоки и канализацию, в место захоронения опасных отходов; большинство водоемов превращены в транспортные системы, берега в набережные, причалы и порты; гигантские объемы воды используются как теплоносители, охладители и как прямые участники технологических и вспомогательных процессов многих производств. Дефицит пресной воды неуклонно возрастает.

4. Атмосфера стала местом гигантских выбросов газообразных, твердых и жидких отходов, кислород воздуха в огромных количествах расходуется на сжигание различных видов топлива и других технологических процессах. Атмосфера перенасыщается соединениями углерода и азота, в т.ч. углекислым газом.

5. Растения, предназначенные природой для наполнения солнечной энергией, потребления углекислого газа и выделения кислорода, используются как топливо, сырье для различных отраслей производства, для изготовления всевозможной тары и т.д. Обезлесивание стало причиной распространения пустыней и полупустыней, высыхания рек и

других водоемов, усиления парникового эффекта и других отрицательных изменений в природной среде.

6. Поверхностные почвы повсеместно загрязнены внесением различных химических веществ: от удобрений и средств защиты растений до разливов нефти и нефтепродуктов; огромные площади земель заняты свалками, полигонами отходов и т.п.

7. Антропогенное воздействие нарушило природный баланс биологического разнообразия; многочисленные виды исчезли навсегда, другие неестественно трансформировались, некоторые имеют необычную для природы распространенность и высокую численность. Все это привело к нарушению генофонда природы и снижению стабильности как отдельных экосистем, так и биосферы в целом.

8. Нарушены многие естественные круговороты веществ. Кроме упоминавшихся кислорода и углерода, это в первую очередь сера (около 99% диоксида серы и более 35% других сернистых соединений в атмосфере имеют антропогенное происхождение), азот, фосфор и т.д.

Необходимо отметить, что самым бессмысленным и ужасающим по последствиям для всего живого и неживого является **война**. Результаты любых военных действий беспрецедентны: гибнут люди, материальные ценности, животные, растения, другие живые организмы, резко изменяются условия окружающей среды.

Решение проблемы загрязнения окружающей среды должно идти по следующим направлениям:

- изучение, моделирование и прогноз процессов загрязнения и борьбы с ними;
- обеспечение абсолютного приоритета решения экологических задач перед всеми остальными, включая экономическую эффективность (в т.ч. величину капитальных затрат), производительность и т.п.;
- создание промышленных и иных комплексов, реализующих малоотходные, ресурсосберегающие технологии;
- разработка и внедрение технических методов и средств предотвращения загрязнения и очистки;
- развитие и широкое использование биологических методов очистки;
- применение маловодных технологий и замкнутых, бессточных водных систем;
- обеспечение вторичного использования отходов производства и вышедших из эксплуатации изделий;
- рациональная планировка застройки и расположения производственных объектов;
- организация экологически ориентированного управления на всех уровнях: федеральном, региональном, местном, объекте экономики.

Природоохранные мероприятия можно разделить на две группы:

- проводимые с целью предотвращения загрязнения окружающей среды;
- направленные на ликвидацию последствий загрязнений.

Охрана окружающей среды включает в себя правовые, экономические, управленческие вопросы и представляет собой комплекс законодательных актов государственных и региональных органов управления и контроля; экологического мониторинга; научно-исследовательских работ; экономического образования и пропаганды; организационных и контролирующих структур на предприятиях и учреждениях; конкретных мероприятий программ и проектов; системы экономического стимулирования и обеспечения, а также международного сотрудничества, во главе которого стоит политика экологических приоритетов.

Важнейшем в решении экологических задач является переход на малоотходное и ресурсосберегающее производство, часто называемое «безотходное производство». Необходимо отметить, что этот термин неточен по существу: нет и не может ни экологически чистого, ни безотходного производства. Полный перевод энергии в так называемую полезную работу, как полный переход одного вещества сырья в другой продукт,

противоречит второму закону термодинамики. Переход к малоотходному и ресурсосберегающему производству – процесс длительный, сложный и требующий немалых затрат.

В определенном смысле «безотходным» можно назвать производство, при котором происходит комплексная переработка первичного сырья в нескольких стадиях (самостоятельных производств), что в конечном итоге приводит к полному использованию всех компонентов сырья или, в крайнем случае, к получению небольшого количества совершенно безвредных отходов. Поэтому безотходное производство может быть реализовано только в качестве производственно-территориальных комплексов, имеющих замкнутые циклы. Эти циклы должны содержать не только полное использование первичных и вторичных ресурсов, но и максимально возможное использование ряда отходов при производстве продуктов питания, в частности горячую и теплую воду, в строительстве, в том числе дорожном, и т.д.

Конкретизируя задачи развития производства в малоотходное с низким уровнем загрязнения, его можно характеризовать следующим образом:

- предельно ограниченное, точно рассчитанное и обоснованное использование первичных ресурсов;
- создание таких конструкций изделий, включая упаковку и тару, которые обеспечили бы их вторичное использование, в том числе как вторичные ресурсы;
- полный отказ от использования экологически грязных технологий, максимально возможная замена ядерных и химических производств;
- уменьшение энергозатрат;
- максимальное уменьшение материалоемкости изделий;
- полная замена материалов, оказывающих особое вредное влияние на окружающую среду, типа фреонов, источников летучих органических соединений и т.п.;
- наибольшее использование вторичных ресурсов, переход на полную переработку использованных изделий и так называемых отходов производства;
- обеспечение такого уровня очистки газов, который позволил бы исключить любое загрязнение атмосферы, широко используя биологические методы;
- исключение любых сбросов в водную среду, в первую очередь за счет создания замкнутых водооборотов и применения маловодных технологий;
- безусловный приоритет экологическим проблемам по отношению к любым другим при планировании, проектировании организации и реализации любых проектов;
- полный переход от мероприятий по уменьшению вредных выбросов и очистке к политике предупреждения и предотвращения загрязнения.

Такое производство является берегающим с точки зрения отношения к природе и соответствует истинным стремлениям к экологической чистоте в производстве. В этом смысле любое совершенствование технологии создания новой техники необходимо рассматривать и реализовывать только с позиций постоянного усиления экологических принципов.

Когда технологически или с помощью технологического оборудования не удается предотвратить загрязнения среды, применяют различные методы очистки:

- фильтрация, т.е. пропускание загрязненного воздуха, воды, других газов и жидкостей через перегородки (фильтры), на которых задерживаются примеси;
- рассеивание, т.е. уменьшение концентрации за счет увеличения объема воздуха (или воды);
- отстаивание, т.е. использование разной плотности загрязненного вещества и воды (или другой жидкости);
- химические методы;

– электрические методы, основанные на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда, передача заряда ионов частицам примесей и их осаждения на электродах, а также электролиз.

Особую эффективность очистки от загрязнений приносит применение методов биологической очистки.

Они по своей сути используют природные процессы. Так, очевидно, что в экосистеме происходит непрерывная переработка различных веществ, в том числе тех, которые являются для этой экосистемы инородными и в известной степени вредными.

Основная идея биоочистки – использование биологических объектов (живых организмов) для сбора и нейтрализации загрязнений. Ими могут быть известные организмы: растения, рыбы, бактерии и т.д., а также специально выведенные для конкретной задачи очистки.

Известно, что хвойные деревья накапливают радионуклиды, амброзия поглощает свинец из почвы, водный гиацинт извлекает из воды свинец, калий, никель, ртуть.

Использование биологической очистки позволяет получать высокие результаты без использования сложных технических систем и устройств.

Очень распространенные антибиотики, вырабатываемые микроорганизмами, по существу очищают организмы человека, животных, растений от возбудителей опасных болезней. Ряд высших растений выделяют фитонциды, которые создают вокруг растений зону, недоступную многим микроорганизмам, в которой содержится в 200 раз меньше бактерий, чем в прилегающей природной среде. Убивают болезнетворных микробов вещества, содержащиеся в чесноке, редьке, перце, луке, хрене и других известных растений. Решая задачу применения биологических методов очистки в конкретном случае, необходимо или выбрать имеющиеся организмы, или создать биотехнологии для выработки новых.

Защита атмосферы

Смысл защиты атмосферы заключается в ограничении содержания вредных веществ в окружающем воздухе в объеме не выше ПДК.

Оптимальным же является полное исключение поступления вредных и посторонних для среды веществ из любых антропогенных источников.

Комплексное воздействие нескольких загрязнений должно удовлетворять соотношению:

$$\frac{K_1}{ПДК_1} + \frac{K_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{K_i}{ПДК_i} \leq 1,$$

где K_i – концентрация данного вещества в воздухе, мг/м³; $ПДК_i$ – ПДК данного вещества, мг/м³.

По отдельно взятому веществу необходимо учитывать K_ϕ – фоновую концентрацию:

$$(K_i + K_\phi) \leq ПДК.$$

С отходящими газами в атмосферу поступают твердые, жидкие, паро- и газообразные вещества неорганического и органического происхождения. В связи с этим по агрегатному состоянию загрязнения подразделяют на твердые, жидкие, газообразные и смешанные.

Отходящие промышленные газы, содержащие взвешенные твердые или жидкие частицы, представляют собой двухфазные системы. В них дисперсионной средой являются газы, прежде всего воздух, дисперсной фазой – твердые частицы или капли жидкости. Системы с твердой дисперсной фазой называются аэрозолями. Их делят на пыли и дымы, с жидкой – туманы.

Пыли содержат твердые частицы размером от 5 до 50 мкм (усредненный поперечник), которые быстро оседают под действием силы тяжести, в силу чего такие системы периодически образуются и разрушаются. Частицы дыма имеют размер в пределах 0,1–5 мкм, поэтому они более устойчивы к седиментации. Туманы включают капли жидкости с поперечником 0,3–5,0 мкм. Образуются они как продукт конденсации паров или распыления жидкости в газовой фазе.

Из самых общих соображений газовые выбросы классифицируют:

- а) по методам контроля и отвода:
 - организованные (трубы предприятий);
 - неорганизованные (выхлопные трубы автомобилей);
- б) по температуре:
 - нагретые ($t_{\text{аэрозоля}} > t_{\text{дисп. среды}}$);
 - холодные ($t_{\text{аэрозоля}} \approx t_{\text{дисп. среды}}$);
- в) по признакам очистки:
 - выбрасываемые без очистки;
 - выбрасываемые после очистки.

В целом, организованный промышленный выброс – попадание в атмосферу аэрозоля через специально оборудованные газоходы, воздухопроводы, трубы; неорганизованный выброс связан с поступлением в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности системы, неудовлетворительной работы газоотсосов. Следует отметить, что газоочистка – это отделение от газоносителя и превращение в неопасное состояние дисперсной фазы.

Выбор метода и аппарата разрушения аэрозоля и улавливания дисперсной фазы зависит, прежде всего, от природы системы, ее фракционного состава (табл. 29).

Таблица 29

Размер улавливаемых частиц некоторых аппаратов

Размеры частиц, мкм	Аппараты
40–1000	Пылеосадительные камеры
20–1000 5–1000	Циклоны: диаметром 1–2 м диаметром 1 м
20–100	Скрубберы
0,9–100	Тканевые фильтры
0,05–100	Волокнистые фильтры
0,01–10	Электрофильтры

Защита окружающего воздуха от загрязнений включает в себя следующие основные вопросы:

- вывод загрязненного воздуха и иных газов из зоны рабочего места и помещения в целом;
- улавливание и сбор загрязняющих веществ в системе вентиляции;
- сбор загрязненного воздуха или иных газов в специальных установках с последующей утилизацией или выбросом в атмосферу (например, автомобили для подземных работ);
- выброс загрязненного воздуха в атмосферу с добавлением чистого воздуха и с учетом последующего рассеивания.

ПДВ для проектируемого и действующего предприятий установлены ГОСТ 17.2.3.02–78.

Системы для очистки вентиляционных, технологических и иных выбросов в атмосферу разделяют на следующие группы:

- пылеуловители (сухие, мокрые, электрические, фильтры) (рис. 118);
- туманоуловители (низко- и высокоскоростные);

- для улавливания паров и газов (абсорбционные, хемосорбционные, адсорбционные, нейтрализаторы);
- многоступенчатые системы очистки.

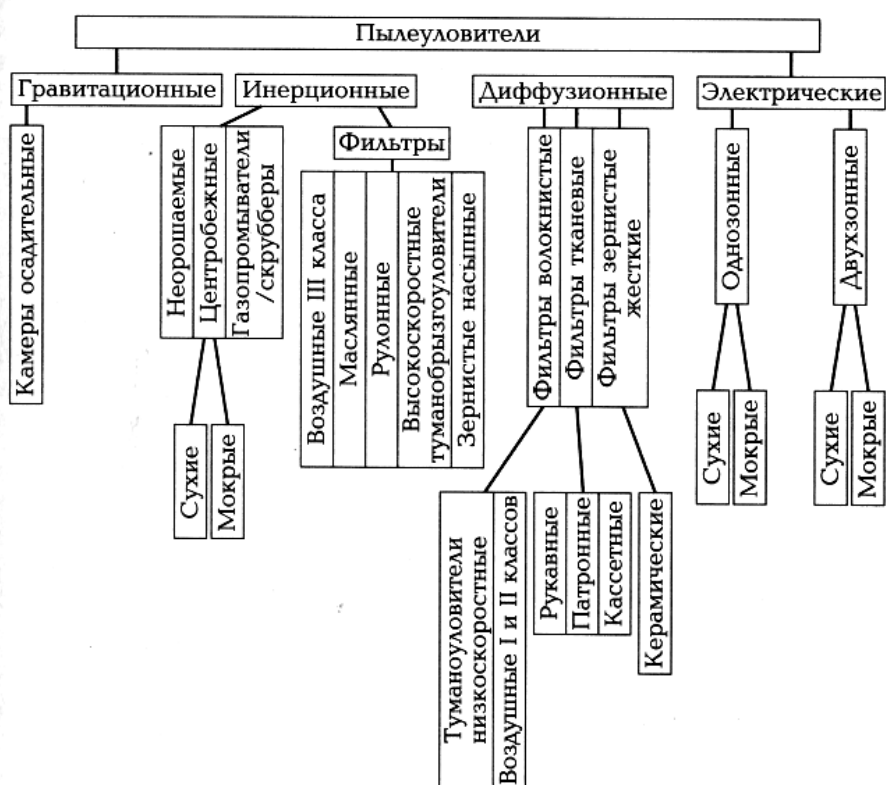


Рис. 118. Схема классификации пылеулавливающих аппаратов

Характеристика аппаратов обезвреживания газовых выбросов

Основными их показателями являются: эффективность очистки, производительность, гидравлическое сопротивление и потребляемая мощность.

Эффективность очистки характеризует отношение массы улавливаемой пыли к массе поступившей $\eta_{эф}, \% = 100 \cdot (M_{уловл.} / M_{поступ.})$. Можно оценивать $\eta_{эф}$ и в долях единицы.

Степень очистки определяется из зависимости $\eta_{ст}, \% = [(C_{вх} - C_{вых}) / C_{вх}] \cdot 100$, где $C_{вх}$ и $C_{вых}$ — соответственно массовые концентрации примесей в дисперсной системе до и после очистки, мг/м³.

Коэффициент проскока $K = C_{вых} / C_{вх}$. Откуда $\eta_{ст} = 1 - C_{вых} / C_{вх}$, $\eta_{ст} = 1 - 1/K$, и $K = 1 / (1 - \eta_{ст})$

Производительность характеризует количество воздуха, очищаемого в единицу времени, м³с⁻¹ или м³ч⁻¹.

Пылеуловители, в которых очистка идет через фильтрующий слой, характеризуют **удельной воздушной нагрузкой**, т.е. количеством воздуха, проходящим через единицу площади фильтрующей поверхности (м²) за единицу времени (ч)

$$P_{уд} = \frac{V}{S_{\tau}}$$

Гидравлическое сопротивление ΔP . От него зависит требуемое давление P_i вентилятора и, следовательно, расход электроэнергии.

$$\Delta P = \Delta P_{вх} - \Delta P_{вых} - \xi \rho v / 2,$$

где ξ – коэффициент гидравлического сопротивления; ρ – плотность; v – скорость газа.

Мощность N определяется гидравлическим сопротивлением и объемным расходом V_p потока газа

$$N = k \Delta P V_p / (\eta_m \eta_e),$$

где k – коэффициент запаса мощности (1,1–1,2); η_m – коэффициент передачи мощности от электродвигателя к вентилятору (0,95–0,92); η_e – КПД вентилятора (0,65–0,80).

Из других характеристик и показателей дисперсных систем и их компонентов отметим дисперсный состав, плотность пыли, адгезионные свойства и смачиваемость частиц.

Дисперсный состав. Все пыли по дисперсности делятся на 5 групп.

I – очень крупнодисперсная с $d > 140$ мкм (d – эффективный поперечник частиц);

II – крупнодисперсная с $40 \leq d < 140$ мкм;

III – среднедисперсная – $10 \leq d < 40$ мкм;

IV – мелкодисперсная с $1 \leq d < 10$ мкм;

V – очень мелкодисперсная – $d < 1$ мкм (10^3 нм).

Плотность пыли. Различают истинную, кажущуюся и насыпную плотность. Кажущаяся – отношение массы частиц к занимаемому объему системы, включая поры, пустоты, несплошности. Для сплошных (непористых) частиц кажущаяся и истинная плотность совпадают. Насыпная плотность слоя пыли – отношение массы слоя к его объему, зависящая не только от пористости частиц пыли, но и процесса формирования пылевого слоя. Для слежавшейся пыли насыпная плотность в 1,2–1,5 раза больше свеженасыпанной.

Адгезионные свойства частиц. Адгезия характеризует сродство к твердой поверхности. В данном случае она определяет слипаемость частиц. Чем выше слипаемость, тем больше вероятность забивания пылеуловителей и дымоходов. Адгезия растет со снижением дисперсности. I группа в связи с этим – слабослипающиеся пыли, II и III группы – среднеслипающиеся, IV и V – слипающиеся. Увлажнение повышает слипаемость дисперсной фазы.

Смачиваемость обуславливает эффективность работы мокрых пылеуловителей. Критерием ее является краевой угол смачиваемости θ или $\cos \theta$.

Гидрофильные материалы характеризуются $\theta < 99^\circ$. Чем ниже θ , тем сильнее смачиваемость (гидрофильный кварц, большинство силикатов, ряд оксидов).

Гидрофобные вещества ($\theta > 99^\circ$) – плохосмачиваемые (графит, уголь).

Абсолютно гидрофобные ($\theta \sim 180^\circ$) – парафин, фторопласт, битумы.

Сухие механические пылеуловители

Эти аппараты работают за счет гравитационного (пылеосадительные камеры), гравитационно-инерционного (инерционные пылеуловители) и центробежно-инерционного (циклоны различных видов) эффектов.

Первые два типа аппаратов предназначены для грубой механической очистки выбросов и являются простейшими в семействе подобных устройств.

Пылеосадительные камеры. Схемы некоторых из них представлены на рис. 118 и 120.

Это простейшие пылеулавливающие устройства. Внесенная в камеру частица находится под действием двух сил: обусловленной кинетической энергией потока, определяющей ее движение в горизонтальном направлении, и силы тяжести, перемещающей тело вертикально (рис. 121). Горизонтальный путь частицы равен $l = v_{осед} \tau$, вертикальный $h = v_g \tau$.

Длину пылевой камеры, в которой частица оседает на дно, можно найти из следующих зависимостей:

$$\tau = h/v_g \text{ и } l = v_c h/v_g.$$

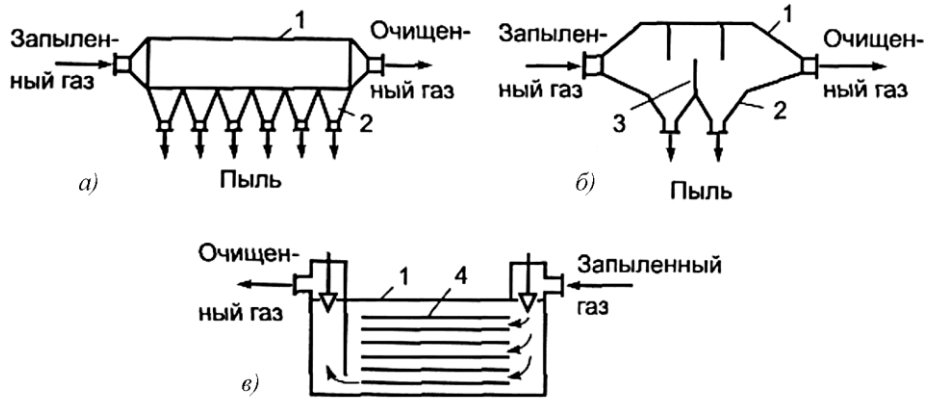


Рис. 119. Горизонтальные пылесадительные камеры:
 а – простейшая камера; б – камера с перегородками; в – многоярусная камера;
 1 – корпус, 2 – бункеры, 3 – перегородка, 4 – полка

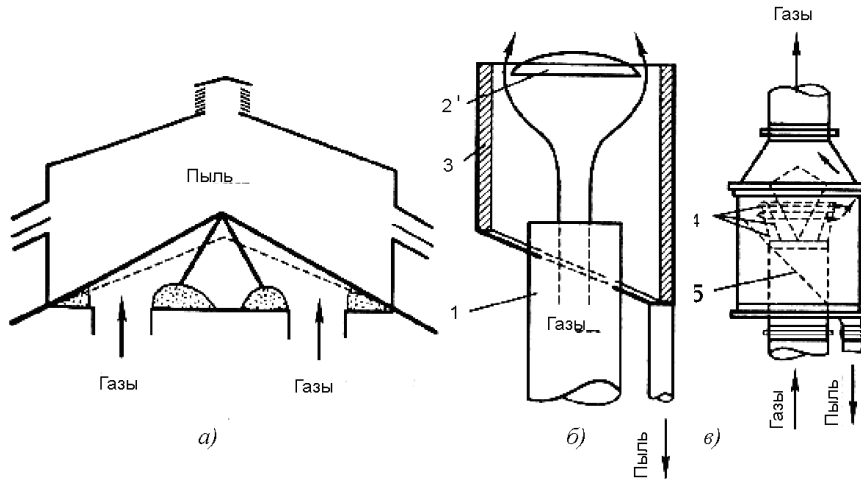


Рис. 120. Вертикальная пылесадительная камера:
 а – отвода пыли; б, в – с отводом пыли;
 1 – газоходы; 2 – отражательный диск; 3 – огнеупорное покрытие;
 4 – отражательные конусы; 5 – наклонная плита

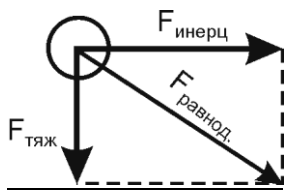


Рис. 121. Частица в пылесадительной камере

Таким образом, длина пылесадительной камеры прямо пропорциональна ее высоте. Иначе говоря, чем ниже камера, тем быстрее частица встретит днище. Следовательно, для уменьшения высоты камеру целесообразно разделить на несколько каналов посредством горизонтальных перегородок. По этому принципу работает полочная пылесадительная камера, полки которой являются наклонными или поворотными. При входе в камеру устанавливают сетки, решетки для выравнивания потока воздуха, максимальная скорость которого не более 3 м/с. Но тем не менее, мелкие фракции выносятся из камеры, которая все-таки весьма громоздка, а степень очистки в ней составляет 59–69%.

Инерционные пылеуловители. В результате резкого изменения газового потока частицы пыли под действием инерции, двигаясь в прежнем направлении, после поворота газового потока теряют энергию и выпадают в бункер. Схема таких устройств приведена на рис. 122.

В подобных пылеуловителях скорость газов порядка 1 м/с. Частицы с $d > 20-30$ мкм улавливаются на 60–95%. Конкретное значение степени улавливания определяется фракционным составом, скоростью потока, конструкцией аппарата и др.

Эффект внезапного изменения потока применен в пылеуловителях жалюзийного типа (рис. 123). В них использованы решетки, состоящие из наклонных пластин. В такой решетке поток делится на две части:

- часть, освобожденная в значительной мере от пыли (80–90% всего аэрозоля);

- часть, направляемая далее в циклон и содержащая основную массу пыли. Очищенный в циклоне газ возвращается в основной поток.

Конструкция пылеуловителя подобного типа представлена на рис. 124.

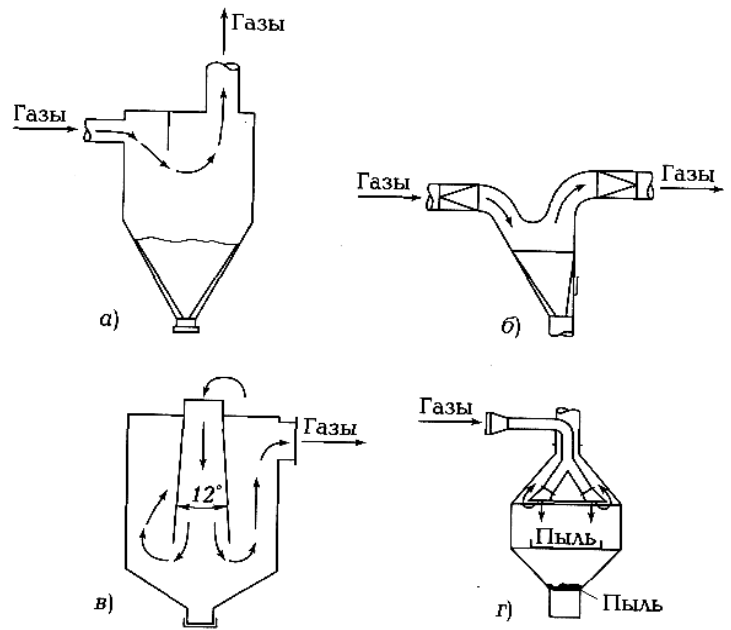


Рис. 122. Инерционные пылеуловители: а – камера с перегородкой; б – камера с плавным поворотом газового потока; в – камера с расширяющимся конусом; г – камера с заглубленным бункером

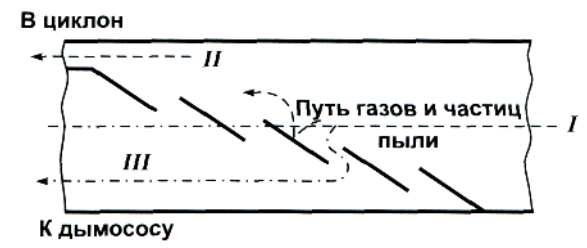


Рис. 123. Схема работы жалюзийного пылеуловителя: I – входной патрубок; II – обогащенный пылью поток; III – очищенный поток

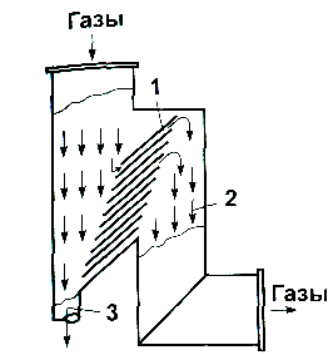
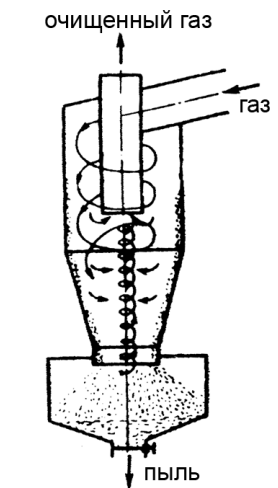


Рис. 124. Схема пылеуловителя жалюзийного типа: 1 – жалюзи; 2 – сильно запыленный поток; 3 – частично осветленный поток



*Рис. 125. Схема
циклона*

Наибольшее распространение получили механические аппараты сухой очистки – **циклоны**. Циклоны являются очень эффективными устройствами, достаточно просты конструктивно и в эксплуатации имеют несколько разновидностей (типов). Наиболее часто применяют противоточный циклон (рис. 125).

Загрязненный газовый поток вводится сбоку и по спиральной направляющей движется вдоль корпуса к конусообразной нижней части, герметично соединенной с бункером. Под действием центробежной силы твердые частицы прижимаются к стенке, а затем под действием силы тяжести, теряя первоначальную скорость, падают в бункер.

Значительная часть твердых частиц отделяется от газового потока при повороте его на 180° . Затем очищенный газ удаляется через внутреннюю цилиндрическую трубу. Теоретическую скорость W_o осаждения частиц рассчитывают по формуле

$$W_o = \frac{d(\rho_T - \rho_g)\omega_g}{9\mu D},$$

где d , ρ_T – диаметр (м) и плотность (кг/м^3) твердых частиц;

ρ_g – плотность газовой составляющей потока, кг/м^3 ;

ω_g – окружная скорость газового потока, м/с;

D – диаметр циклона, м;

μ – динамическая вязкость газа при рабочей температуре, Па/с.

Очевидно, что эффективность действия циклона возрастает при увеличении скорости поступающего газового потока и при уменьшении диаметра циклона. В **прямоточном циклоне** (рис. 126) не происходит поворота газового потока, но степень очистки у такого устройства ниже, чем противоточного. **Ротационный циклон** (рис. 127) и **вихревой пылеуловитель** являются устройствами центробежного действия. Особенность этого типа устройств заключается в наличии лопаточного завихрителя, через который навстречу загрязненному газовому потоку движется так называемый «вторичный воздух», придавая загрязненному газу вращательное движение.

В **радиальном пылеуловителе** используется совместное действие инерционных и гравитационных сил. **Жалюзный пылеуловитель** (рис. 128) имеет специальные решетки, которые изменяют направление газового потока, а также отражают твердые частицы при соударении.

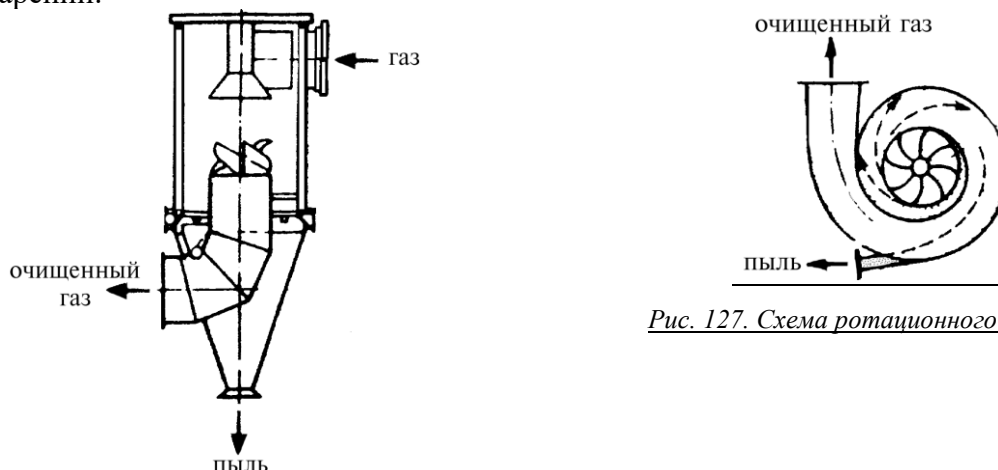


Рис. 127. Схема ротационного циклона

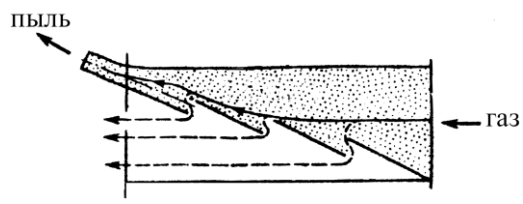


Рис. 128. Схема жалюзийного пылеуловителя

Рис. 126. Схема прямоточного циклона

Мокрые пылеуловители

Мокрые пылеуловители (аппараты мокрой очистки) основаны на осаждении твердых частиц на поверхность жидкости: либо капель, либо пленки.

Такие устройства позволяют очищать газовые потоки от мелкодисперсных ($d > 0,3$ мкм) загрязнений и подвергать очистке нагретые, а также взрывоопасные газовые потоки. Однако эти аппараты требуют большое количество воды, которую затем надо очищать. Кроме того, в ходе очистки образуется шлам, а в отводящих газопроводах может конденсироваться загрязненная влага. Среди данных аппаратов наибольшее распространение получили **скрубберы Вентури** (рис. 129).

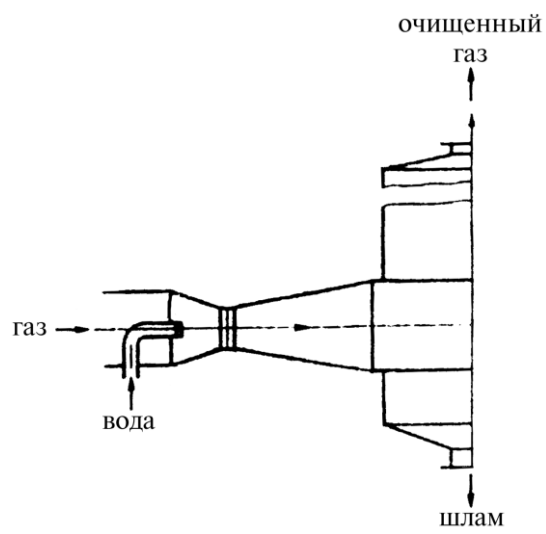


Рис. 129. Схема скруббера Вентури

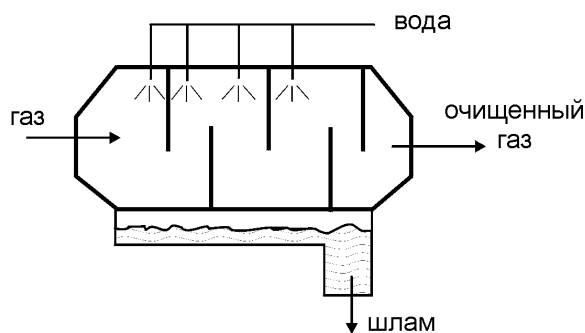


Рис. 130. Схема инерционного скруббера

Загрязненный газовый поток подводится в конфузурную часть скруббера, в который с помощью центробежных форсунок распыляется вода. Газовый поток разгоняется в узком сечении сопла (называемым соплом Вентури) до скоростей, равных 30–200 м/с и более. Разгоняются также капли воды. В диффузорной части сопла поток тормозится и подается в пылеуловитель. **Инерционный скруббер** с отбойными пластинами показан на рис. 130.

К мокрым пылеуловителям относятся и **барботажно-пенные устройства** (рис. 131) с провальной (рис. 131,а) и переливной (рис. 131,б) тарелками.

В этих аппаратах аэрозоль поступает на очистку под тарелку (решетку) 3 (см. рис. 131), проходит через ее отверстия и барботирует через слой жидкости, очищаясь от пыли за счет осаждения частиц на внутренней поверхности пузырей газа. Режим работы этих скрубберов является функцией скорости подачи аэрозоля под тарелку. При скорости до 1 м/с имеет место барботажный режим работы аппаратов. Рост скорости до 2,0–2,5 м/с ведет к возникновению пенного слоя над зеркалом жидкости, к повышению эффективности работы скруббера и снижению брызгоуноса. Эффективность скрубберов достигает 95–96% при удельном расходе воды 0,4–0,5 л/м³.

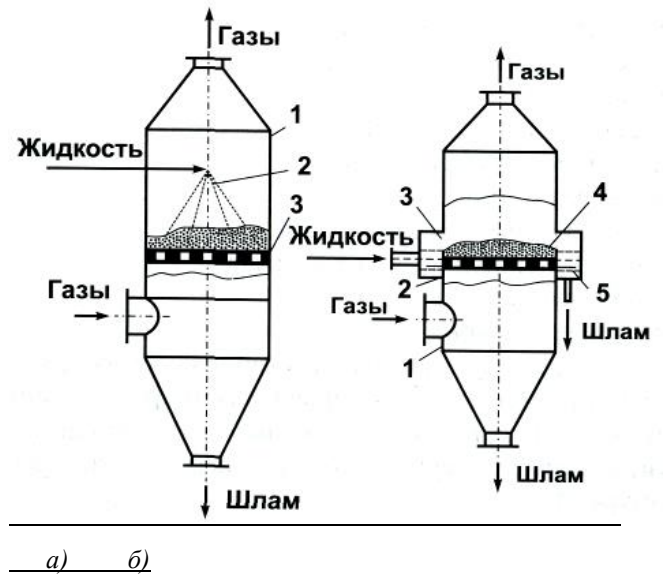


Рис. 131. Тарельчатые скрубберы:

а – скруббер с провальной тарелкой: 1 – корпус; 2 – оросительное устройство; 3 – тарелка; б – скруббер с переливной тарелкой: 1 – корпус; 2 – тарелка; 3 – приемная коробка; 4 – порог; 5 – сливная коробка

Очистка аэрозоля на фильтрах

Метод используется для тонкой очистки аэрозолей с твердой и жидкой дисперсной фазой. Суть процесса – в задержании частиц на пористых перегородках и, прежде всего, на веществе осадка. Преимущества метода:

- более высокая степень очистки аэрозоля;
- возможность улавливания частиц при любом давлении дисперсной системы;
- использование химически и термически стойких материалов (высокие температуры фильтрации);

– простота эксплуатации.

Однако налицо и серьезные недостатки:

- необходимость периодической замены фильтров;
- достаточно высокий расход энергии;
- громоздкость установок.

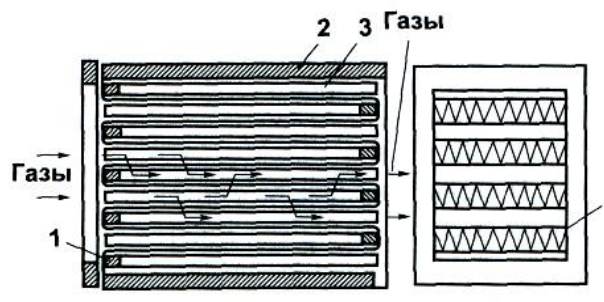
Используются следующие фильтрующие перегородки:

– гибкие пористые (тканевые материалы из природных, синтетических и минеральных волокон), нетканые волокнистые материалы (войлоки, клееные материалы, бумага, картон, губчатая резина, пенополиуретан);

– полужесткие (слои волокон, стружка, вязаные сетки);

– жесткие (пористая керамика и пластмасса, стекловолокно, углеграфит);

– зернистые слои (неподвижные, свободно насыпные или непрерывно перемещающиеся материалы).



*Рис. 132. Рамный фильтр тонкой очистки:
1 – П-образная рама; 2 – боковая стенка;
3 – разделители; 4 – фильтрующая перегородка*

максимальную поверхность фильтрации, наименьшие габариты и гидравлическое сопротивление. Наиболее полно отвечают этим требованиям фильтры рамочной конструкции (рис. 132).

К абсолютным относятся преимущественно волокнистые фильтры (набивные маты из бумаги, картона, специального волокна с L от 10 нм до 100 мкм).

Тонковолокнистые фильтры используются для разрушения ультратонких дисперсий размером 50–10 нм с эффективностью более 99%. Широко применяют фильтрующие материалы из полимерных смол академика Петрянова-Соколова. Они представляют собой синтетические волокна, нанесенные на марлевую подложку толщиной слоя 1,0–2,5 мкм. Такие перегородки позволяют получить 100–150 м² фильтрующей поверхности на 1 м³ аппарата.

Существенный интерес представляют рукавные фильтры с тканями из синтетических волокон повышенной термостойкости (250–300°C) или с фильтровальной

По назначению фильтры делят на три класса:

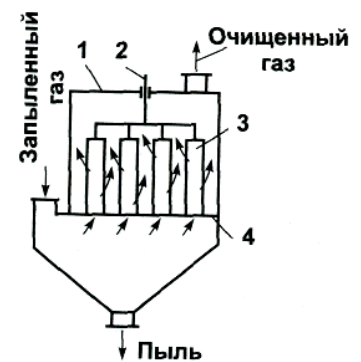
– воздушные, используемые для очистки атмосферного воздуха;

– абсолютные – для улавливания с повышенной эффективностью (> 99%);

– промышленные, применяемые для очистки промышленных газов, как правило, с высокой концентрацией дисперсной фазы (до 60 г/м³).

Оптимальная конструкция фильтров тонкой очистки должна предусматривать

максимальную поверхность фильтрации, наименьшие габариты и гидравлическое сопротивление.



*Рис. 133. Рукавный фильтр:
1 – корпус; 2 – встряхивающее устройство; 3 – рукав;
4 – распределительная решетка*

металлической тканью (до 800°C) (рис. 133).

Фильтры-туманоуловители

Используются для очистки воздуха от туманов кислот и щелочей. В основе принципа их действия – осаждение капель на поверхности пор с последующим стеканием жидкости по волокнам в нижнюю часть уловителя (рис. 134).

Работают они на базе диффузионного и инерционного механизмов осаждения частиц. Такие фильтры делят на:

- высокоскоростные;
- низкоскоростные.

Первые ($v_{\text{тумана}} > 0,5-2,0$ м/с) работают в режиме инерционного осаждения со слоем грубых волокон (20–100 мкм). Служат для разрушения тумана с частицами более 1 мкм. Их эффективность, естественно, растет с увеличением размера частиц и составляет 90–98% при $d \sim 3$ мкм и ΔP 1550–2000 Па (используются в производстве NH_3 , H_2SO_4 , CH_3OH , C_2H_4 , при переработке пластмасс).

Низкоскоростные туманоуловители работают при скоростях подачи аэрозоля менее 0,2 м/с. Их фильтрующая перегородка – смесь волокон с диаметром от 5 до 30 мкм (рис. 135).

В одном корпусе монтируют до 100 фильтрующих элементов. ΔP фильтров от 200 (сухие) до 2500 Па (режим самоочищения).

Регенерация фильтрующих перегородок (сухих фильтров) производится:

- встряхиванием фильтрующих элементов;
- обратной продувкой очищенными газами.

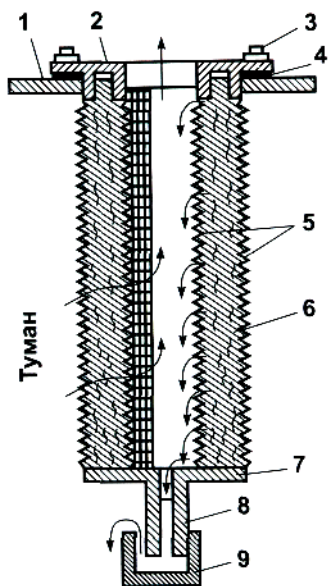


Рис. 134. Фильтр предварительной очистки с лавсановой насадкой:

1 – разделительная перегородка; 2 – фильтрующий материал; 3 – сетка; 4 – кожух (деревянный)

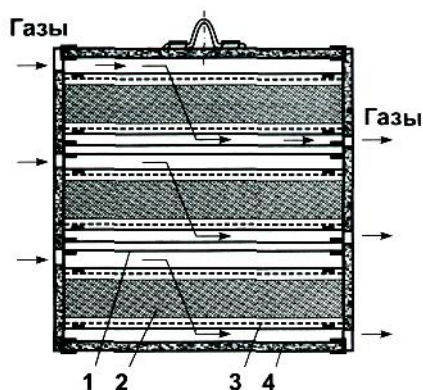


Рис. 135. Схема фильтрующего элемента низкоскоростного туманоуловителя:

1 – опорная трубчатая перегородка; 2 – уплотняющий патрубок-фланец; 3 – шпилька; 4 – прокладка; 5 – сетка; 6 – стекловолоконный слой; 7 – дно; 8 – трубка гидрозатвора; 9 – стакан

Электрофильтры

Наиболее совершенным методом очистки газовых потоков от пыли и туманов является электрическая очистка, при которой процесс очистки основан на ударной ионизации газа в

зоне коронирующего разряда, передаче заряда ионов частицам примесей и осаждения их на осадительных и коронирующих электродах.

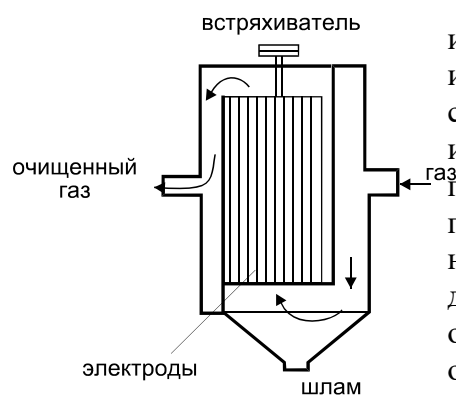


Рис. 136. Схема пластинчатого электрофильтра

Загрязненный газовый поток всегда частично ионизирован за счет внешнего воздействия. При известном напряжении, подаваемом на электроды, создается электрическое поле, в котором воздух ионизируется. Одновременно получают заряд и частицы пыли. Поток ионов ускоряется электрическим полем, и процесс принимает лавинообразный характер, что и называется ударной ионизацией. Заряженные частицы движутся к электроду с противоположным зарядом и осаждаются на нем. Обычно электрофильтры делают с отрицательными электродами, исходя из того, что в воздухе и дымовых газах подвижность отрицательных ионов выше, чем положительных. Схема электрофильтра приведена на рис. 136. В зависимости от формы

электродов различают трубчатые и пластинчатые электрофильтры.

Дополнительный эффект приносит ультразвуковая обработка загрязненного потока, приводящая к коагуляции и укрупнению частиц пыли, что повышает производительность последующей очистки.

Очистка выбросов от газо- и паробразных загрязнителей

Способы очистки выбросов от токсичных газо- и паробразных компонентов (NO_x , SO_2 , H_2S) делят на пять основных групп.

Метод абсорбции основан на растворении газовых загрязнителей жидкостью.

Молекулы газообразных примесей газов и паров, разделяясь в газовой среде и отделяясь от нее, переходят поверхность раздела газ – жидкость и растворяются в жидкой фазе поглотителя (абсорбента). Эффективность очистки зависит от растворимости газа в жидкости, температуры, парциального давления газа, площади поверхности, коэффициента диффузии. Для удаления многих технологических выбросов, например аммиака, хлороводорода, фторводорода, применяют воду; для улавливания водяных паров применяют раствор серной кислоты, ароматические углеводороды улавливают с помощью вязких масел. В качестве технических устройств процесса абсорбции применяют промывные башни и скрубберы. Регенерация растворителя, т.е. десорбция из него газов, проводится путем повышения температуры или понижения давления в термических или вакуумных десорберах.

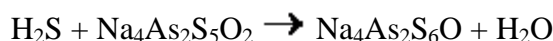
Адсорбция представляет процесс избирательного поглощения компонентов газовой смеси рядом пористых, тонкодисперсных твердых тел.

Наиболее известным адсорбентом является активированный уголь, 1 кг которого может составлять несколько сотен тысяч квадратных метров. Из других адсорбентов наиболее распространены силикагели, алюмосиликаты, в качестве катализаторов процесса адсорбции

используют медь, серебро, палладий, платину. При увеличении температуры адсорбционная способность снижается. На этом основана регенерация, осуществляемая нагревом насыщенного адсорбента до температуры выше рабочей или продувкой горячим воздухом или паром.

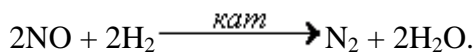
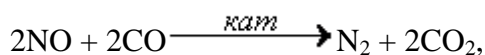
Метод хемосорбции использует поглощение газов и паров жидкими или твердыми реагентами с образованием малолетучих или малорастворимых соединений.

Например, очистка газовой смеси от сероводорода проводится с помощью мышьяко-щелочного реагента:



Каталитические методы очистки газовых потоков основаны на взаимодействии удаляемых веществ со специально добавленным в газовую смесь катализатором, ускоряющим химическую реакцию.

Так например, для нейтрализации выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания применяют твердый катализатор (медно-никелевый сплав, платину на глиноземе, хром и др.), на поверхности которого происходит превращение токсичных оксидов азота и углерода в нетоксичные (газообразный азот и диоксид углерода):



Термическая нейтрализация основана на способности горючих токсичных газов окисляться до менее токсичных при наличии O_2 при повышенных температурах.

В случаях когда очищаемые газы обладают значительной энергией, достаточной для поддержания горения (например, в факелах нефтехимических предприятий), используют прямое дожигание загрязненных газовых потоков.

В очищаемые газы, имеющие высокую температуру, но не содержащие достаточно горючих веществ или кислорода, подают в специальных камерах обогащенный кислородом воздух или природный газ.

Рассеивание загрязнителей

Самым простым способом уменьшения концентрации вредных веществ в атмосфере является **рассеивание**. В этих случаях загрязненный газовый поток выбрасывается через трубу непосредственно в атмосферу.

За счет турбулентной диффузии загрязняющие частицы рассеиваются в воздухе до мелких концентраций. На этот процесс существенно влияют высота трубы, физические свойства выбросов, характеристики атмосферы, параметры ветра, влажность и температура воздуха, рельефа местности и т.д. Минимальная высота трубы определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot k_F \cdot m \cdot n}{ПДК}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{Q \Delta T}},$$

где A – коэффициент, зависящий от температурного градиента атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания; M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу; Q – объем расходуемой газовой смеси; ΔT – разность температур газовой смеси и атмосферного воздуха; k_F – коэффициент, учитывающий скорость оседания взвешенных частиц в атмосфере; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из трубы; $ПДК$ – установленная предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

Основной недостаток рассеивания состоит в том, что загрязнение не исключается, а нормированно уменьшается. При этом недостаточно учитывается суммарное загрязнение, накопление загрязняющих веществ по времени и перенос загрязнения из зоны источника загрязнения в иные местности, в том числе на большие расстояния.

Защита водных объектов

Загрязнение воды стало многообразным и повсеместным явлением. Основные загрязнители – промышленные отходы, бытовые отходы и канализация, сточные воды, использованная в различных технологических процессах, в том числе как охладитель, вода и т.д. Отдельно необходимо рассматривать загрязнения акваторий судами.

В основе защиты водных объектов, как уже указывалось выше, должны лежать разработки и повсеместное внедрение водосберегающих технологий и замкнутых бессточных систем водоснабжения. Схема «водоем – потребитель – очистка – сброс в водоем» должна быть заменена на:

- использование воды в единой системе: «забор воды – потребитель – очистка – подготовка – повторное использование потребителем»;
- очистка загрязненной воды направлена на регенерацию воды, а загрязнители перерабатываются во вторичное сырье.

Очистка воды в зависимости от процессов, протекающих в очистных сооружениях, разделяется на **механическую, физико-химическую и биологическую.**

Механическая очистка осуществляет задержание нерастворенных примесей (иногда называется осветлением воды) и заключается в процеживании, отстаивании, отделении частиц в поле действия центробежных сил и фильтровании.

Процеживание проводится пропусканием водного потока через решетки, сита и волокнуловители. *Решетки* (рис. 137) изготавливаются из металлических стержней с зазором 5–25 мм; удаление осадка осуществляется, как правило, механически с помощью различных устройств, вертикальных и поворотных граблей, например.

Сита имеют более мелкие ячейки квадратной формы. Решетки-дробилки, имеющие в своем устройстве сетчатые барабаны, улавливают крупные взвешенные вещества и измельчают их, что упрощает последующую обработку осадка. Для выделения волокнистых веществ из сточных вод, в частности в выбросах целлюлозно-бумажных и текстильных предприятий, применяют *волоконуловители*, принцип действия которых основан на процеживании через конусообразные диски с перфорацией или через движущие сетки с нанесенным на них слоем волокнистой массы.

Отстаивание основано на свободном оседании (в ряде случаев, всплытии) примесей с плотностью больше (или меньше) плотности воды.

Устройствами отстаивания являются отстойники, песколовки, жируловители. Скорость свободного осаживания (или всплытия) примесей, являющаяся основой расчета очистных устройств, равна (м/с)

$$W_0 = \frac{gd_c^2(\rho_c - \rho_e)}{18\mu},$$

где g – ускорение свободного падения; d_c – средний диаметр части, м; ρ_c и ρ_e – плотности частиц и воды, кг/м³; μ – динамическая вязкость воды, Па/с.

Песколовки (рис. 138) применяют для очистки сточных вод от тяжелых нерастворимых частиц: песка, окалины, металлических и других крупниц размером более 0,25 мм. Направление движения сточной воды может быть прямолинейным и круговым в горизонтальных по конструкции песколовках. Кроме того, бывают вертикальные и аэрируемые песколовки.

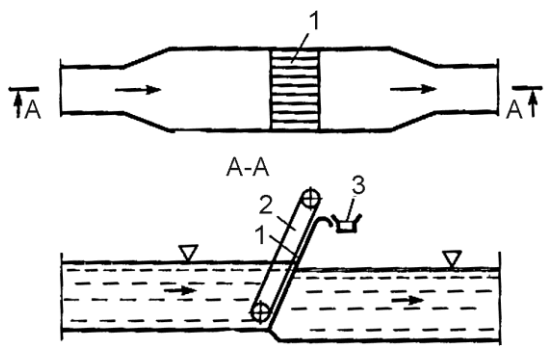


Рис. 137. Схема решетки:

- 1 – решетка из металлических стержней;
2 – механизм для снятия задержанных решеткой загрязнений;
3 – транспортер для подачи задержанных загрязнений в дробилку*

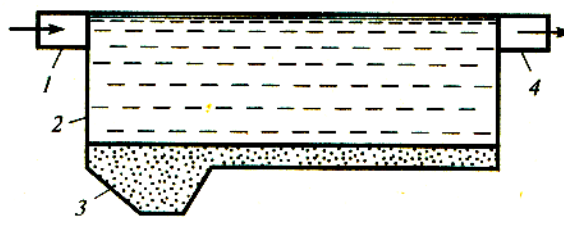


Рис. 138. Схема горизонтальной песколовки:

- 1 – входной патрубок; 2 – корпус песколовки;
3 – шламособорник (песковый прямок);
4 – выходной патрубок*

Отстойники используют для очистки сточных вод от механических частиц размером более 0,1 мм и частиц нефтепродуктов; конструктивно они выполняются горизонтальными, радиальными, комбинированными (рис. 139).

Специфические загрязнения удаляются специальными устройствами: *жиро-, нефте-, масло-, смолоуловителями* (рис. 140 и 141).

Для осаждения твердых частиц водного потока в **поле центробежных сил** применяют *открытые и напорные гидроциклоны* (рис. 142) и *центрифуги* (рис. 143). Открытые гидроциклоны применяют скорости осаждения более 0,02 м/с, при меньших скоростях осаждения применяются напорные циклоны; центрифуги используются для очистки больших объемов воды.

Станции механической очистки включают *многоступенчатую технологию*. Для большей эффективности в отстойники вводят различные химические вещества, в первую очередь коагулянты, которые укрупняют частицы, образуя хлопья, в том числе частично

растворенных примесей. В числе таких веществ сернистый алюминий, хлорное железо, сернистое железо, известь и др.

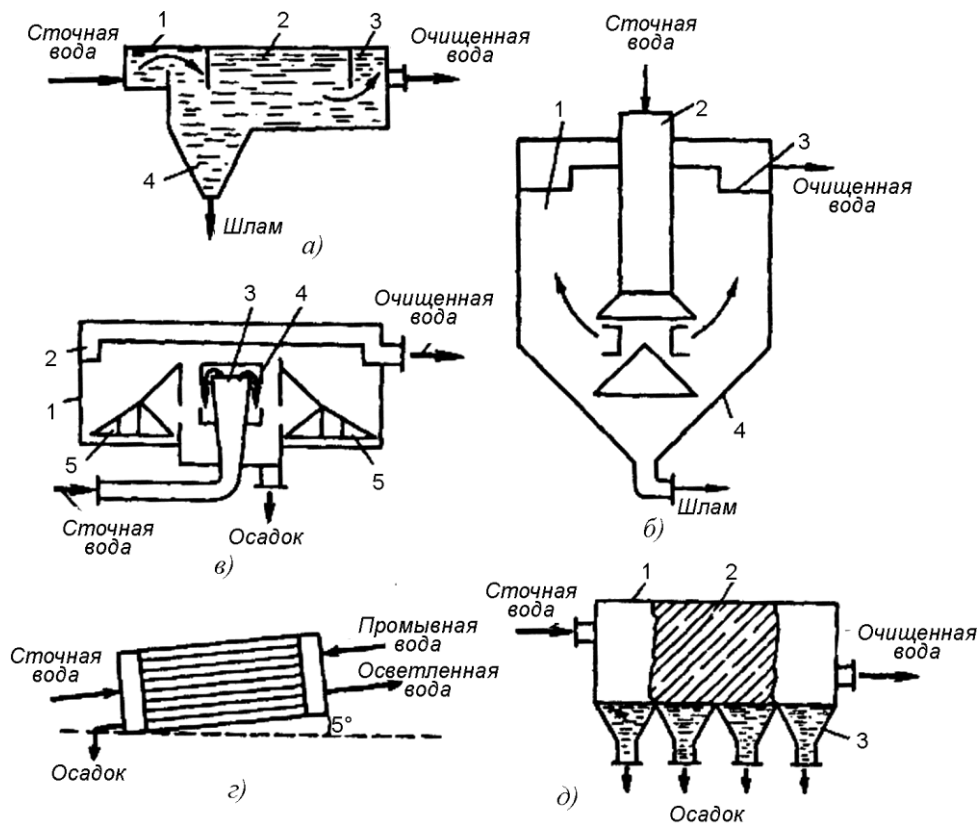


Рис. 139. Схемы отстойников: а – горизонтальный (1 – входной лоток; 2 – отстойная камера; 3 – выходной лоток; 4 – приямок); б – вертикальный (1 – цилиндрическая часть; 2 – центральная труба; 3 – желоб; 4 – коническая часть); в – радиальный (1 – корпус; 2 – желоб; 3 – распределительное устройство; 4 – успокоительная камера; 5 – скребковый механизм); г – трубчатый; д – с наклонными пластинами (1 – корпус; 2 – пластины; 3 – шламоприемник)

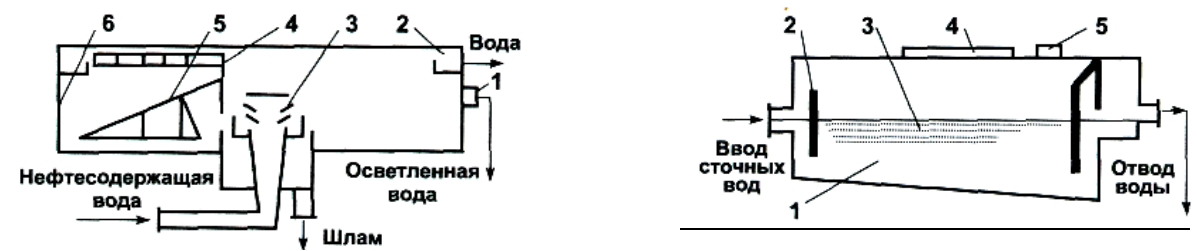
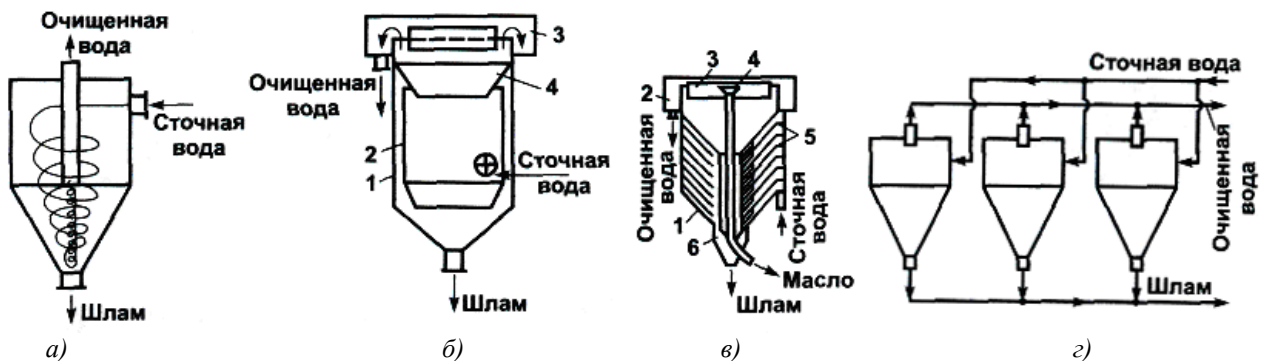


Рис. 140. Схема радиальной нефтеловушки: 1 – патрубок отвода осветленной воды; 2 – желоб для отвода нефтепродуктов; 3 – распределительное устройство; 4 – нефтесборный скребок; 5 – донный скребок; 6 – корпус

Рис. 141. Жироуловитель однокамерный: 1 – главная камера; 2 – перегородки; 3 – слой жира; 4 – люк для удаления жира; 5 – отвод воздуха



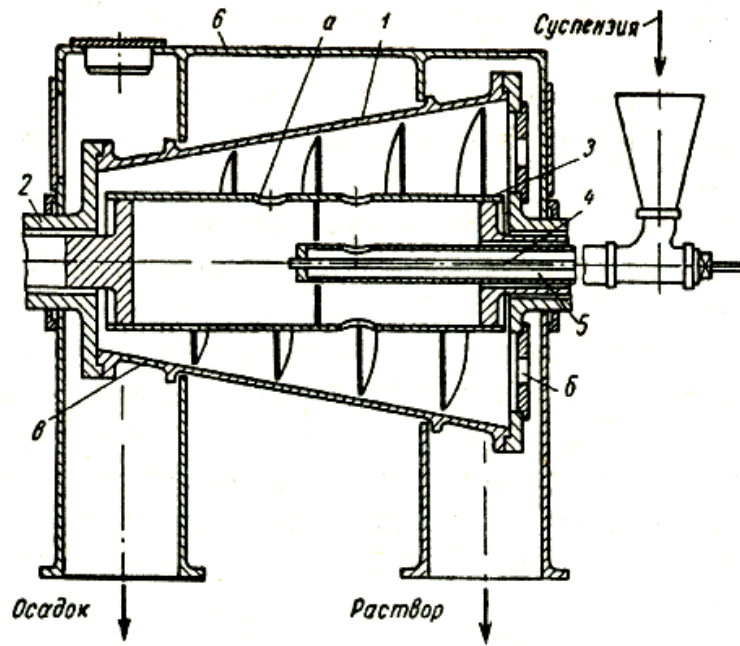
а)

б)

в)

г)

Рис. 142. Гидроциклоны: а – напорный; б – с внутренним цилиндром и конической диафрагмой (1 – корпус; 2 – внутренний цилиндр; 3 – кольцевой лоток; 4 – диафрагма); в – многоярусный гидроциклон с наклонными патрубками для отвода очищенной воды (1 – конические диафрагмы; 2 – лоток; 3 – водослив; 4 – маслосборная воронка; 5 – распределительные лотки; 6 – шламостводящая щель); г – блок напорных гидроциклонов



Фильтрация предназначена для очистки сточных вод от онкодисперсных механических примесей.

Фильтры применяются в основном двух типов: зернистые (рис. 144) и микрофильтры. Первые имеют насадки несвязанных остроконечных материалов, в качестве которых применяют песок, гравий, раморную крошку, частицы гунгизита, пенополиуретана и др. В микрофильтрах используют фильтроэлементы, изготовленные из связанных пористых материалов: сеток, шпаней, спеченных металлических порошков и т.п.

Рис. 143. Горизонтальная центрифуга непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка: 1 – барабан; 2 – полая цапфа; 3 – барабан-шнec; 4 – труба для промывной воды; 5 – труба подачи суспензии; 6 – кожух; а – отверстия для пульсы; б – окна для фугата; в – разгрузочные окна для осадка

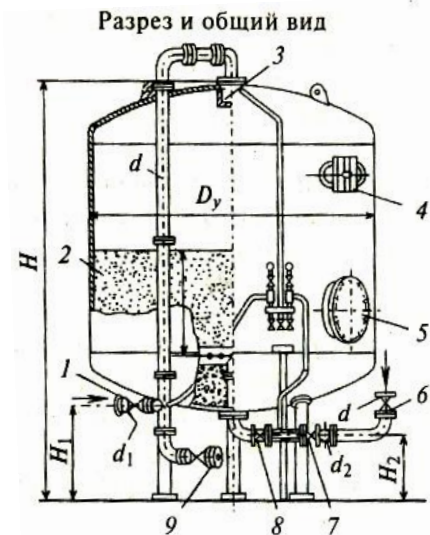


Рис. 144. Напорный вертикальный фильтр с зернистой загрузкой: 1 – подача воды на очистку; 2 – фильтрующий слой из зернистой загрузки; 3 – верхнее распределительное устройство; 4 – контрольный эллиптический лаз; 5 – круглый лаз; 6 – подвод промывной

Сочетание фильтров и центробежных сил используется в фильтрах-сепараторах. Так, фильтры с частицами пенополиуретана, которые обладают высокой маслопоглощающей способностью, легко очищаются под действием центробежных сил. Поэтому в фильтре-сепараторе достигают последовательно очистки воды, а затем регенерации самого фильтра.

воды;
7 – отвод первого фильтра; 8 – отвод
очищенной воды; 9 – отвод промывной воды

Физико-химические методы очистки достаточно разнообразны и высокоэффективны. Они используются для удаления из сточных вод монодисперсных взвешенных частиц, растворимых газов, минеральных и органических веществ. К ним относятся: реагентная очистка (нейтрализация, хлорирование, озонирование, коагуляция и т.д.), экстракция, флотация, сорбция, эвапорация, ионообменные и электрохимические методы, гиперфильтрация, кристаллизация и др.

Коагуляция – это процесс введения в сточные воды коагулянтов (солей аммония, железа, меди, шламовых отходов и т.п.) для образования хлопьевидных осадков, которые затем легко удаляются. Коагуляция широко применяется для очистки сточных вод предприятий химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, легкой и текстильной отраслей промышленности. В процессе механической очистки из сточных вод удаляются частицы размером более 10 мкм, а мелкодисперсные и коллоидные агрегаты в них остаются. Производственные сточные воды, прошедшие сооружения механической очистки, представляют собой агрегативно устойчивую систему. При введении в сточную воду коагулянтов или коагулянтов совместно с флокулянтами агрегатная устойчивость нарушается, образуются более крупные агрегаты частиц (хлопья), которые удаляются из сточных вод механическими методами (рис. 145). Расход коагулянта зависит от его вида, а также состава и требуемой степени очистки сточных вод и составляет 0,1–5 кг на 1 м³ сточных вод.

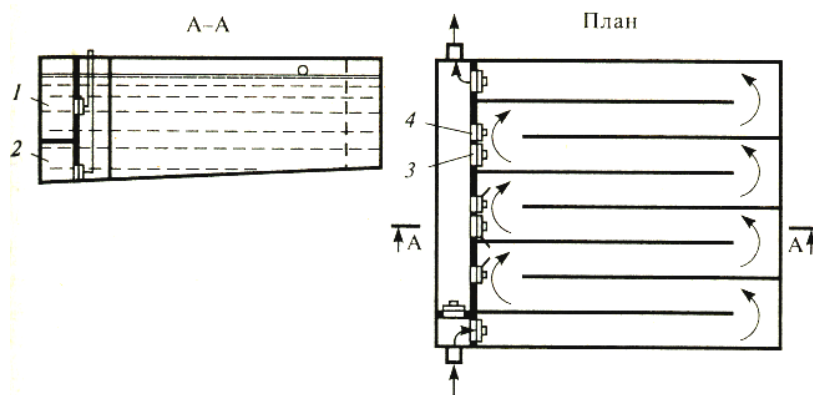


Рис. 145. Перегородчатая камера хлопьеобразования с горизонтальным движением обрабатываемой сточной воды: 1, 2 – отводной канал соответственно сточной воды и осадка; 3, 4 – шиберы соответственно для отключения части коридоров камеры и выпуска осадка

В процессе коагуляции образуется значительный объем рыхлого хлопьевидного осадка (до 10–20% объема обрабатываемой сточной воды), что вынуждает применять коагуляционные методы очистки при небольших расходах сточных вод и при наличии дешевых коагулянтов. Эффективность очистки может достигать 90–95%. В практике находит применение и метод электрохимического коагулирования с использованием электродов, изготовленных из железа или сплавов алюминия. Металл анода под действием постоянного тока ионизируется и переходит в сточную воду, частицы загрязнений которой коагулируются образовавшимися труднорастворимыми гидро-ксидами алюминия или железа.

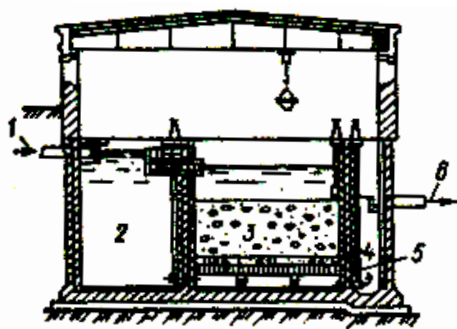


Рис. 146. Вертикальный доломитовый фильтр-нейтрализатор:

1 – подача кислых сточных вод; 2 – приемные камеры; 3 – доломитовые фильтры; 4 – гравий; 5 – дренаж; 6 – выпуск нейтрализованных сточных вод

Нейтрализация сточных вод ведется для удаления кислот, щелочей и солей металлов на основе кислот и щелочей и основана на объединении ионов водорода и гидроксидной группы в молекулу воды, в результате чего сточная вода получает нейтральную среду. Нейтрализацию кислот и их солей проводят щелочными реагентами: едким натром, едким кали, содой, мелом, известью, известняком, доломитом и т.п., а для нейтрализации щелочей и их солей используют серную, соляную, азотную, фосфорную и другие кислоты. Проведение нейтрализации происходит на практике одним из трех способов: путем фильтрования сточной воды через насадки с реагентами (рис. 146); добавлением в воду реагента в виде сухого вещества или раствора; перемешиванием сильно загрязненного водного потока с сухим реагентом с последующим образованием нейтральной сгущенной массы.

Экстракционный метод очистки производственных сточных вод основан на распределении загрязняющего вещества в смеси двух взаимно нерастворимых жидкостей и соответственно его последующей растворимости в них. Его целесообразно применять при относительно высоком содержании в сточных водах растворенных органических веществ, представляющих техническую ценность (фенолы, жирные кислоты).

В процессе экстракции экстрагент вводится в обрабатываемую воду, причем после достижения равновесия концентрация экстрагируемого вещества в экстрагенте с подходящим коэффициентом распределения значительно превышает остаточную концентрацию в сточной воде. Экстракт (экстрагент с растворенным веществом) отделяется от обработанной сточной воды, а затем с помощью различных методов осуществляется отделение экстрагируемого вещества, которое утилизируется, а экстрагент вновь возвращается в технологический процесс.

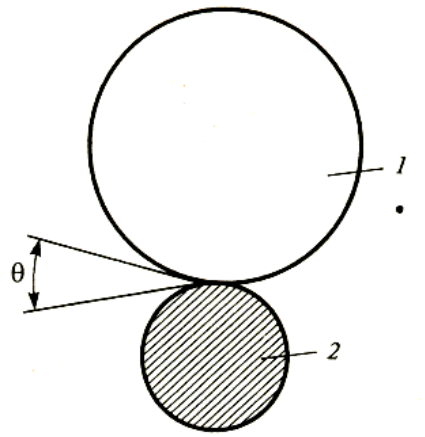


Рис. 147. Схема прилипания пузырька воздуха 1 к взвешенной в воде частице 2

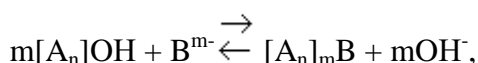
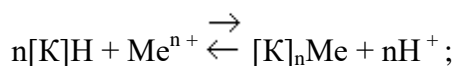
загрязненную воду. В основе процесса флотации лежит молекулярное слипание частиц масла и пузырьков газа в воде. В зависимости от способа образования газовых пузырьков различают следующие виды флотации: пневматическую, напорную (рис. 148), химическую, вибрационную, пенную, биологическую, электрофлотацию и др.

В процессе **электрофлотации** (рис. 149) используют электролиз воды, который приводит к образованию дисперсной газовой фазы. Кроме того, с поверхности электродов (алюминиевых, стальных) происходит сход ионов алюминия и железа в раствор, что обеспечивает коагулирование мельчайших частиц примесей. Сопутствующие флотации

электрохимические процессы обеспечивают дополнительное обеззараживание сточной воды. Таким образом, электрофлотацию можно считать комплексным методом очистки.

При **сорбции** удаляют растворимые примеси; основными сорбентами являются мелкодисперсные материалы: зола, глина, торф, опилки, шлаки; наиболее эффективный сорбент – активированный уголь.

Ионообменные методы очистки применяются для обессоливания и удаления ионов металлов, а также других примесей; в качестве ионитов применяют синтетические ионообменные нерастворимые в воде смолы в виде гранул размером 0,2–2 мм. Используют сильно- и слабокислотные катиониты (в H^+ или Na^+ форме), а также сильно- и слабоосновные аниониты (в OH^- или солевой форме). Ионообменная очистка реализуется в соответствии с уравнением реакции:



где K – радикал катионита; Me – извлекаемый катион металла; n – заряд катиона; A_n – радикал анионита; B – извлекаемый анион; m – заряд аниона.

Ионообменная очистка позволяет извлекать и утилизировать из сточных вод ценные примеси (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь, ртуть), радиоактивные вещества. При этом сточная вода может быть очищена до предельно-

Очистка **флотацией** заключается в интенсификации процесса всплывания маслопродуктов при обволакивании их частиц пузырьками воздуха (рис. 147) или другой газовой смеси, подаваемой в

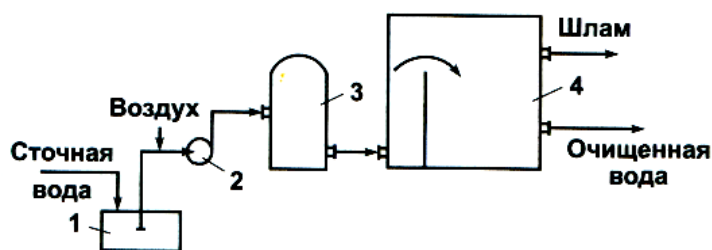


Рис. 148. Схема установки напорной флотации:
1 – емкость; 2 – насос; 3 – напорный бак; 4 – флотатор

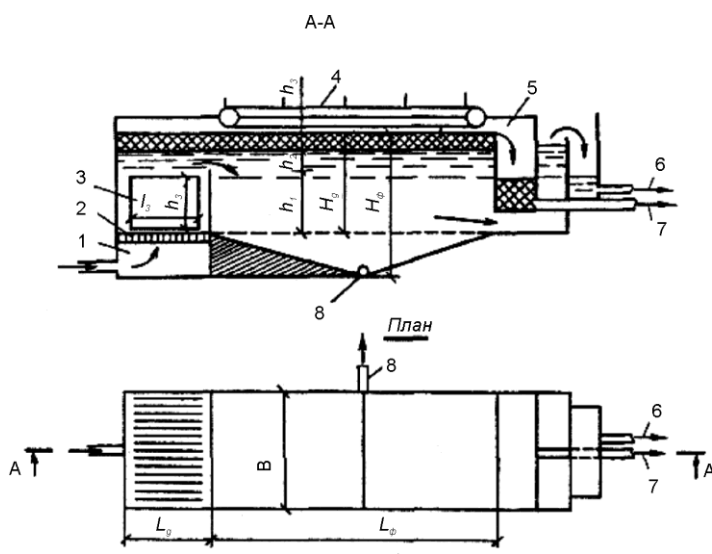


Рис. 149. Горизонтальный электрофлотатор:
1 – входная камера; 2 – решетка-успокоитель; 3 – электродная система; 4 – механизм для сгребания пены; 5 – пеносборник; 6, 7 – отвод соответственно обработанной сточной воды и пенного шлама; 8 – опорожнение электрофлотатора и выпуск осадка

допустимых концентраций вредных веществ и использоваться в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения.

Электрохимическая очистка осуществляется электролизом путем окисления веществ через передачу электронов непосредственно на поверхность анода или через вещество-переносчик. Особенно эффективным является **электролиз сточных вод**, содержащих хлориды, что обуславливает появление активного хлора и, следовательно, хлорирование воды.

Гиперфильтрация (обратный осмос) реализуется разделением растворов при фильтрации через пористые мембраны, пропускающие молекулы воды и задерживающие гидратированные ионы солей и молекулы недиссоциированных соединений.

Эвапорация представляет собой выпаривание летучих органических веществ, которые переходят в паровую фазу и удаляются вместе с паром в специальных испарительных установках, представляющих собой эвапорционные колонны с насадками. В качестве насадок, как и в других очистных устройствах, применяют кольца Рашига.

Для **окисления** используют: газообразный и сжиженный хлор, диоксид хлора, хлорат кальция, гипохлориты кальция и натрия, перманганат калия, бихромат калия, пероксид сводорода, кислород воздуха, пероксосерные кислоты, озон, пиролюзит и др.

В процессе окисления токсичные загрязнения, содержащиеся в сточных водах, в результате химической реакции переходят в менее токсичные, которые удаляют из воды.

Наиболее распространенный метод – **хлорирование**, использующее активное воздействие хлора на патогенные микроорганизмы. В ряде случаев химическая активность хлора приводит к образованию токсичных хлорированных производных, в том числе диоксинов.

Хлорирование проводится газообразным хлором, хлорной известью, а также гипохлоритом натрия, получаемого электролизом из поваренной соли.

Более эффективным является **озонирование**. Благодаря свободным радикалам, образующимся при разложении озона, обеспечивается бактерицидный эффект при малом времени контакта. Однако этот метод достаточно дорогостоящий и энергоемкий.

В последнее время получает распространение метод **«фотосенсибилизированного фотоокисления»** (патент США). Этот метод основан на известном с начала XX века эффекте уничтожения многих биологических объектов действием света в присутствии определенных красителей и молекулярного кислорода.

Кристаллизация. Вещества, растворимость которых существенно возрастает с повышением температуры (положительная растворимость), кристаллизуют при охлаждении их насыщенных растворов. Это политермическая, или изогидрическая, кристаллизация, идущая при неизменном содержании воды в системе. Если с ростом температуры растворимость веществ уменьшается, то кристаллизацию проводят при нагревании раствора. Вещества, мало изменяющие растворимость при изменении температуры, кристаллизуют путем испарения воды при постоянной температуре – изотермическая кристаллизация.

Положительной растворимостью обладают, например, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $NaCl$; отрицательной – $CaSO_4$, $CaSiO$ и др.

Кристаллизацию соли можно также проводить введением в концентрированный раствор веществ, уменьшающих ее растворимость. Это вещества, содержащие одинаковый ион с данной солью или связывающие воду. Кристаллизацию такого типа называют высаливанием.

Биологическая очистка сточных вод использует микроорганизмы, которые в

процессе жизнедеятельности разрушают органические соединения, минерализуя их.

В системах биологической очистки используется так называемый активный ил, который образуется в результате биохимического преобразования микроорганизмами органических соединений, содержащихся в очищаемой воде. Количество микроорганизмов может достигать 10^8 и более на литр воды, для их жизнедеятельности необходимо больше кислорода; поэтому очищаемую воду обогащают воздухом и активно перемешивают. Активный ил, содержащий микроорганизмы, оседает на дно. Оценку состава сточных вод в процессе биологической очистки осуществляют по БПК – биологической потребности воды в кислороде, т.е. количестве кислорода, необходимого для окисления всех органических примесей, содержащихся в единице объема воды.

Биологическая очистка может быть разделена на два типа проведения: в условиях, близких к естественным (поля фильтрации, поля орошения, биологические пруды), и в искусственных условиях (биофильтры, аэротенки, окситенки, метатенки).

Поля орошения – специально подготовленные земельные участки, используемые одновременно для очищения сточных вод и агрокультурных целей.

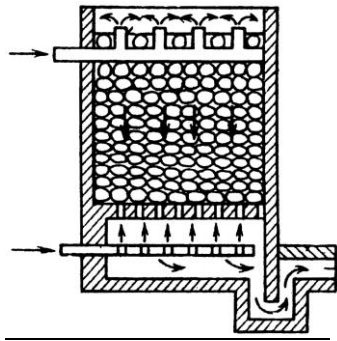
Очистка сточных вод в этих условиях идет под действием почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и под влиянием жизнедеятельности растений.

Если на полях не выращивают сельскохозяйственные культуры и предназначены они только для биологической очистки сточных вод, то такие поля называют **полями фильтрации**.

Земледельческие поля орошения после биологической очистки сточных вод, увлажнения и удобрения используют для выращивания зерновых и силосных культур, трав, овощей, а также посадки деревьев и кустарников.

Биологические пруды представляют собой каскад прудов, состоящий из 3–5 ступеней, через которые с небольшой скоростью протекает осветленная, или биологически очищенная сточная вода.

Биологические пруды предназначены для очистки или доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Различают пруды с искусственной и естественной (небольшой глубины ≈ 1 м, хорошо прогреваемые солнцем и заселенные водными организмами) аэрацией.



Биофильтры представляют собой резервуары с фильтрующим материалом (шлаком, щебнем, керамзитом, гравием, гранулами пластмасс и т.п.), подачей воздуха и водопроводами (рис. 150). Эффективный процесс очистки устанавливается после образования на поверхности фильтра биологической пленки из различных микроорганизмов.

Рис. 150. Схема биофильтра

В настоящее время предложено большое число конструкций биофильтров, которые делят на биофильтры, работающие с полной и неполной биологической очисткой; с естественной и искусственной подачей воздуха; с рециркуляцией и без рециркуляцией сточных вод; на биофильтры одноступенчатые и двухступенчатые, капельные и высоконагружаемые.

Аэротенки – это резервуары, в которые с достаточно большим расходом подаются сточная вода, воздух и активный ил, включающий в себя бактерии, простейшие микроорганизмы, черви и другие аэробные минерализаторы (рис. 151).

Аэротенк	Характеристика и принцип работы	Схема
Коридорный	Работает по принципу вытеснения. Малоинтенсивные; открытые.	<p>Стоки Ил Воздух Иловая смесь</p>
Системы «Симплекс»	Турбинный аэратор; открытый. Массообмен до 2,3 кг O ₂ на 1 кВт·ч	
Пневматический, с керамическими воздухораспределителями	Интенсивная аэрация (требуется компрессор); открытый.	<p>Воздух</p>

Рис. 151. Системы аэробной очистки

Из аэротенка вода в смеси с активным илом попадает в отстойники, в которых ил осаждается, а затем вновь подается в аэротенк. Вариантом аэротенка являются **окситенки** (рис. 152), отличающиеся дополнительной подачей кислорода и повышенной концентрацией активного ила.

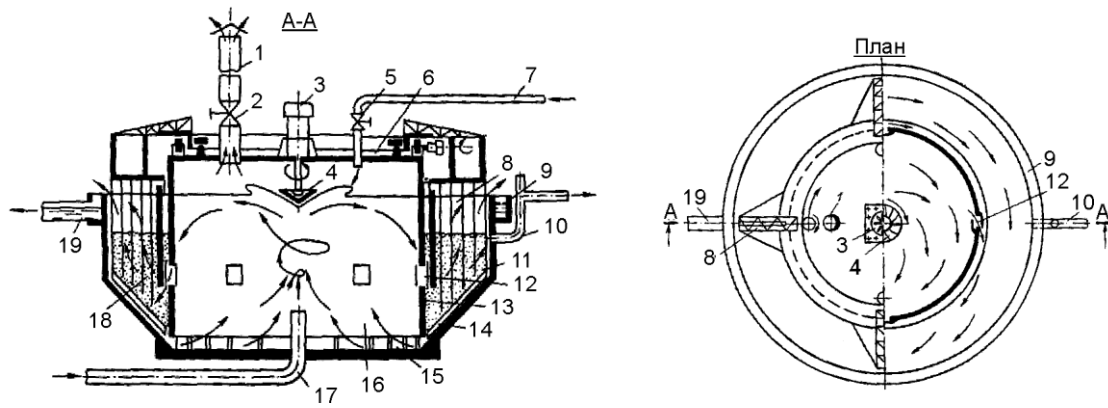


Рис. 152. Окситенк: 1 – продувочный трубопровод; 2, 5 – задвижки с электроприводом; 3 – электродвигатель; 4 – турбоаэратор; 6 – герметичное перекрытие; 7 – трубопровод для подачи кислорода; 8 – вертикальные стержни; 9 – сборный лоток; 10 – трубопровод для сбора избыточного ила; 11 – резервуар; 12 – окна для перепуска иловой смеси из зоны аэрации в илоотделитель; 13 – цилиндрическая перегородка; 14 – скребок; 15 – окна для перепуска возвратного ила в зону аэрации; 16 – зона аэрации; 17 – трубопровод для подачи сточной воды в зону аэрации; 18 – илоотделитель; 19 – трубопровод для выпуска очищенной воды

На рисунке 153 показана схема станции биологической очистки (по Яковлеву С.В. и др., 1996 г.), а на рис. 154 дана схема очистки стоков промышленного цеха (по Виноградову С.С., 1998 г.).

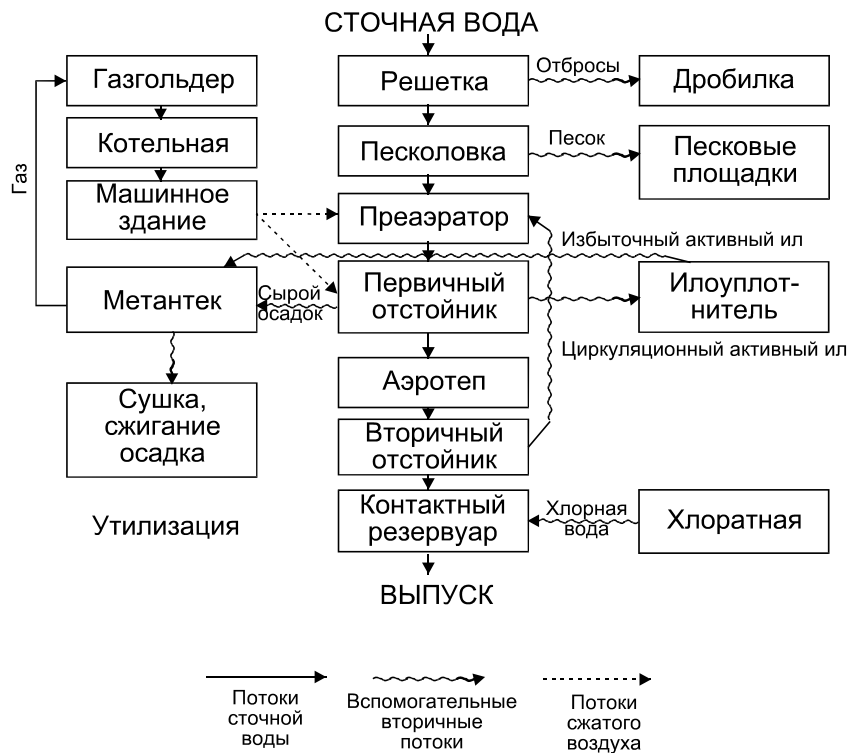


Рис. 153. Технологическая схема станции биочистки сточных вод

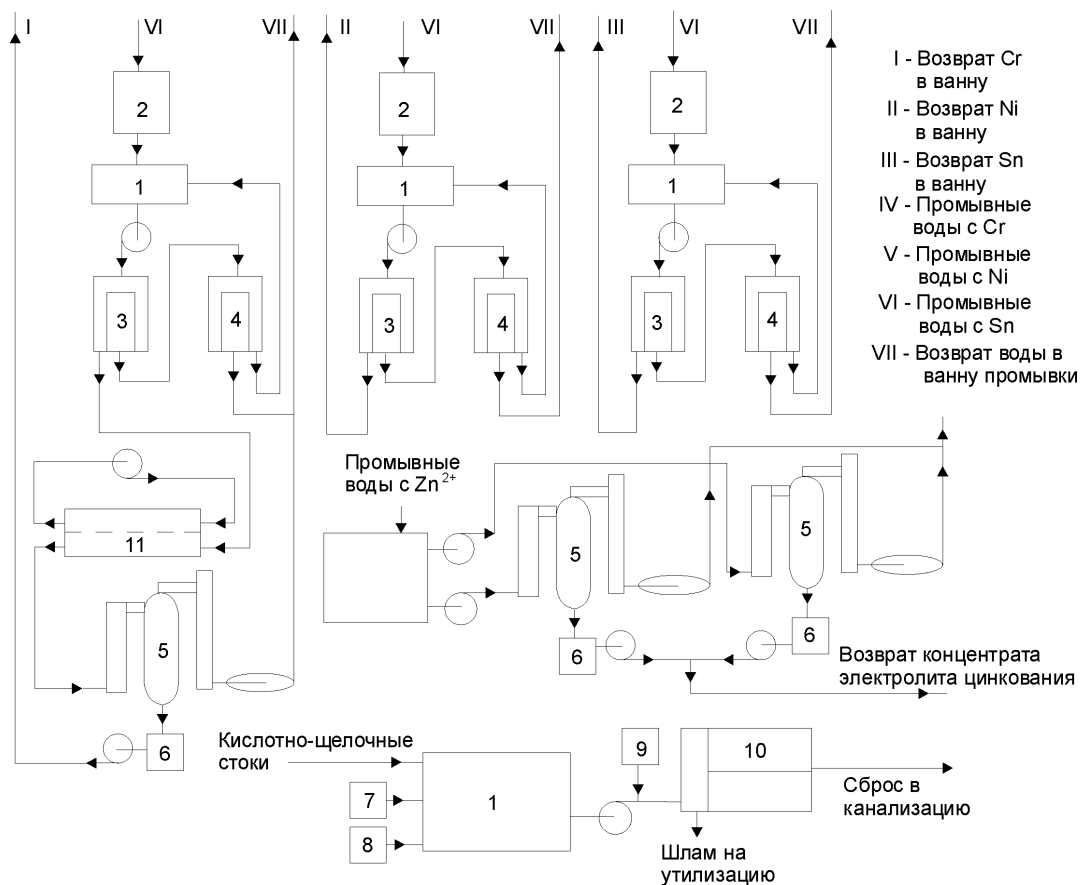


Рис. 154. Система очистки сточных вод гальванического цеха

Как было уже отмечено, сброс обработанной воды в естественный водоем по существу недопустим. Тем не менее он продолжает широко применяться, в том числе и как естественное разбавление сточных вод (особенно для ливневой уличной канализации). Интенсивность разбавления характеризуется кратностью:

$$n = \frac{C_o - C_e}{C - C_e},$$

где концентрация загрязняющих веществ (кг/м^3): C_o – в сбрасываемых сточной воде; C_e – в водоеме до и C – после сброса в них сточных вод.

При расчете реального сброса надо учитывать течение рек и каналов, глубину водоемов, место сброса в водоеме (береговой и в сечении водоема), длину русла или размер озера (водохранилища) и др. Кроме того, необходимо иметь в виду, что примеси обязательно осаждаются на дно, в том числе в виде загрязненного ила, что приводит к необходимости очищать эти донные отложения.

Утилизацию отходов очистки воды проводят различными методами, среди которых длительная биологическая обработка, вывоз на специальные свалки, сушка, сжигание и т.д. Так, сырой осадок сбрасывают в метатенках – герметичных резервуарах, содержащих анаэробные бактерии в термофильных условиях при температуре 30–43°C. Кроме того, применяются иловые площадки, вакуумфилльтры, центрифуги, печи для сжигания осадка и т.д. Из продуктов сжигания можно получать дорожное покрытие, строительные материалы, удобрения; образующаяся тепловая энергия используется для собственных нужд. Важным моментом является использование осадка в качестве топлива для этих печей без дополнительного расхода традиционных видов топлива (за исключением первичного розжига).

Также существует **подземное захоронение трудноочищаемых промышленных стоков**. Сразу отметим, что подземные захоронения стоков – вынужденная мера ограниченного применения. Она используется для обезвреживания небольших количеств сильно загрязненных и токсичных сточных вод, для которых в настоящее время отсутствуют методы очистки и утилизации. По количеству все эти стоки не превышают 3% от общего объема сточных вод, но они иногда более чем на 50% определяют уровень загрязнения водоемов. В связи с этим для обезвреживания неочищаемых сточных вод постоянно существует необходимость разработки новых методов, к числу которых относятся и методы подземного захоронения стоков.

Этот метод позволяет выиграть время для разработки более современных систем оборотного водоснабжения и технологии очистки стоков, обеспечить при этом ускорение технологического процесса, что имеет большое значение для развития химической промышленности.

Захоронение сточных вод осуществляется с помощью нагнетательных скважин. Буровой скважиной называется выработка цилиндрической формы, имеющая небольшое поперечное сечение по сравнению с глубиной. Приведем основные элементы скважины (рис. 155).

Защита земель и почв. Загрязнение поверхностных слоев земли достигло во многих случаях критического уровня, характеризующегося потерей плодородия и других естественных свойств почвы. Особенно велики загрязнения от непродуманного внесения удобрений, пестицидов и им подобных веществ в пахотные земли, огороды, сады; нефтепродуктами, в том числе автомобилями; тяжелыми металлами и их солями. Так, потребление ртути в России составляет ежегодно до 400 т, что приводит к образованию около 10 тыс. т ртутьсодержащих отходов.

Как и для других сред, основной защитой земель и почв от загрязнения является комплекс мероприятий по недопущению попадания загрязняющих веществ, а в сельском хозяйстве строго ограниченного и обоснованного применения средств защиты растений и удобрений.

Восстановление природных свойств земель, объединенных единым термином «рекультивация» (который имеет и более узкое значение), ведется по трем основным направлениям:

- биотехнологии, основанные главным образом на свойствах растений «забирать» ряд примесей из почвы и обогащать ее, а также на возможностях микроорганизмов преобразовывать органические вещества; сюда можно отнести и фитологические методы, к которым относят посев травосмеси;

- химические способы с применением различных реагентов, а также перекись водорода и озон;

- технические способы извлечения примесей, например тяжелых металлов; эти способы трудоемки, требуют больших затрат и часто приводят к разрушению физической основы почвы и гибели живых организмов;

- снятие слоя сильно загрязненной почвы для последующей переработки или захоронения.

Снижение содержания загрязняющего вещества в компоненте природной среды до уровня остаточного загрязнения проводится в соответствии с заранее выбранной, наиболее эффективной и приемлемой технологией очистки почвы, грунта, поверхностных и подземных вод.

Примером одной из таких эффективных технологий удаления загрязнения из верхнего слоя почвы (глубина до 30–50 см) является фитоочистка, суть которой схематично представлена на рис. 156.

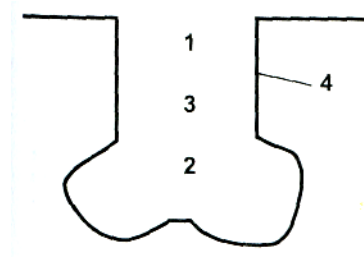


Рис. 155. Схема скважины: 1 – начало скважины – устье; 2 – дно скважины – забой; место вблизи забоя называется призабойной зоной; 3 – ствол; 4 – цилиндрическая поверхность – стенка

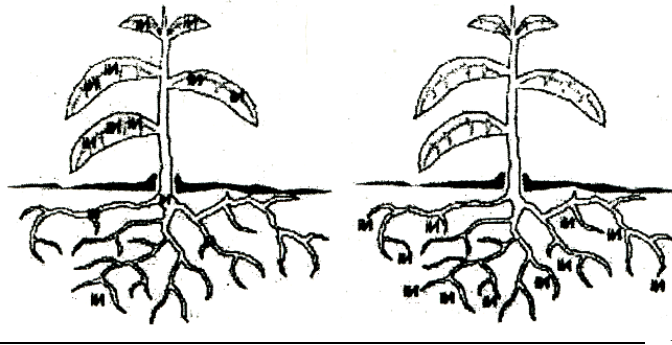


Рис. 156. Схема фитоочистки почвы от никеля (никель поглощается корнями, стеблями и листьями растений, которые затем собираются и подвергаются захоронению на подготовленных полигонах. Для доведения содержания никеля до установленных концентраций посев данной культуры может быть повторен)

При этом загрязнитель поглощается астенями, которые затем собираются и уничтожаются. Фитоочистка может применяться для удаления из почв и воды металлов, пестицидов, растворителей, зрывчатых веществ, сырой нефти, ногоароматических гидрокарбонатов т.п.

В биотехнологиях очень важен выбор растений и их смена по годам. Растения подбирают таким образом, что в течение определенного срока (два, три, четыре урожая) каждое их них проводит очистку почвы или не допускает загрязнение в своем диапазоне, а в целом за полный оборот они обеспечивают эффективное

земледелие без применения гербицидов и с минимальным использованием удобрений. Так, например, люцерна имеет сильный стержневой корень и плотную массу, что приводит к уничтожению посторонних растений-сорняков, с другой стороны, на люцерне разводятся насекомые-вредители, но они не выживают на многих других растениях. В других случаях чередуют растения в зависимости от того, какую часть их используют в пищу, а какая часть накапливает то или иное вещество. Так очевидно, что в корнеплодах (картофель, морковь, свекла) и в овощах (капуста, огурцы, томаты) накопление различных веществ будет различным. Так, например, кадмий активно накапливается в моркови и свекле, а на тех же почвах содержится в капусте и огурцах в незначительных количествах.

В ряде случаев для активизации биологической очистки с помощью микроорганизмов достаточно рыхления почв и их аэрация.

В целом необходимо:

- анализ характера и глубины загрязнения;
- подбор соответствующих штаммов-деструкторов;
- анализ состава и активности аборигенной микрофлоры;
- выбор агротехнологической мероприятий;
- использование механической предобработки.

Среди технических методов используют инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение, открытый огонь.

Снятую загрязненную почву обрабатывают механическими устройствами (решетки, грохота), в гидроциклонах, флотационных номерах, отстойниках и т.д.

В некоторых случаях целесообразно применять промывку почвы. Этот способ применяется при очень высокой степени загрязнения относительно небольших количеств грунта. Предпочтительно очищать таким способом песчаную или гравийную почву, хуже поддается такой очистке илистая или глинистая почва. Установка для промывки почвы представлена на рис. 157.

В случае когда подземное загрязнение трудно ликвидировать по какой-либо причине, полезно устройство гидроизолирующего слоя поверх подземного загрязнения. Этот слой предотвращает вымывание загрязнения дождями, во время таяния снегов и исключает, тем самым, попадание загрязнителя в водозаборы, поверхностные и грунтовые воды (если грунтовые воды не поднимаются до уровня загрязнителя). На рисунке 158 представлена схема такого поверхностного гидроизолирующего слоя. На первый взгляд, этот способ представляет собой разновидность локализации, однако, он позволяет практически полностью ликвидировать экологическую опасность загрязнения.

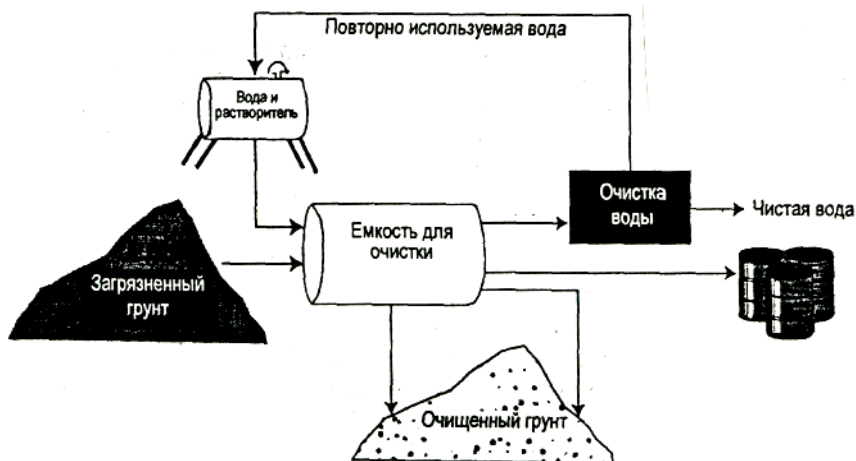


Рис. 157. Установка для промывки грунта

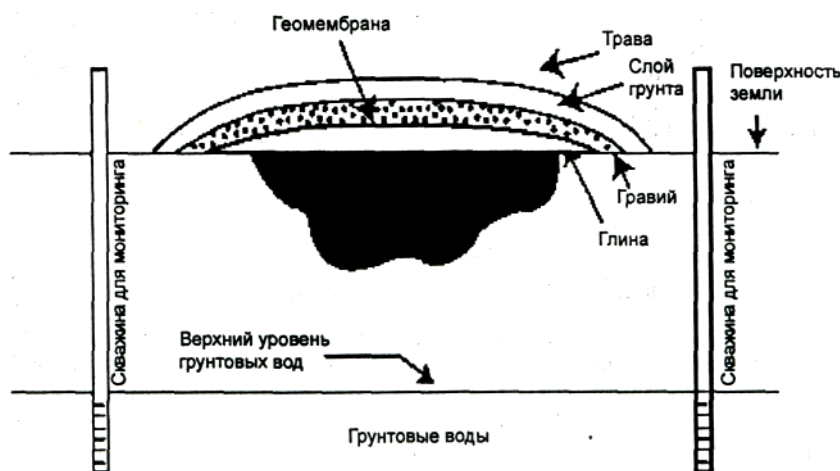


Рис. 158. Схема поверхностного гидроизолирующего слоя

Устроен гидроизолирующий слой следующим образом. На загрязненную почву укладывается слой глины, который предназначен для предотвращения выделения вредных газов от загрязнителя. Глина может покрываться сверху слоем прочного синтетического материала, например полиэтилена (геомембрана), предназначенного для предотвращения проникновения воды. Поверх геомембраны может быть уложен дренажный слой из гравия и, при необходимости, дренажных труб. Сверху укладывается слой почвы и засеивается травой, которая своей корневой системой поглощает влагу. Гидроизолирующий слой предотвращает вымывание загрязнения дождями и во время таяния снегов; раздувание вредных веществ, находящихся в сухом состоянии; нежелательные контакты людей и животных с вредным загрязнителем.

Правильно устроенный гидроизолирующий слой способен выполнять свое назначение в течение многих лет, обеспечивая не только экологическую безопасность, но и, зачастую, естественное разложение загрязнителя. Он может быть устроен гораздо проще, если позволяют условия загрязнения, и представляет собой неплохую альтернативу многим другим способам ликвидации загрязнений.

Современный производственный комплекс может полностью регенерировать загрязненную почву; стоимость за тонну почвы составляет 200 и более долларов США.

Утилизация и ликвидация твердых отходов

Проблема твердых отходов характерна для любого промышленного объекта, горнодобывающего комбината, стройиндустрии и т.д., а также любого населенного пункта от дачного поселка до мегаполисов. Особенно остро эта проблема стоит в крупных городах. Так, например, ежегодно в Москве образуется не менее 3 млн. тонн твердых отходов; по мнению специалистов, крупный город производит не менее 1 м³ по объему и 200 кг по массе твердых отходов в год на одного жителя.

Состав твердых отходов

1. Твердые бытовые отходы (% по массе):

- 1) бумага, картон – 20–37
- 2) пищевые отходы – 20–40
- 3) дерево – 1,5–5
- 4) текстиль – 3–6
- 5) кожа, резина – 1,5–3
- 6) полимерные материалы – 3–6
- 7) стекло – 5–7
- 8) металлы – 8–9
- 9) полимерные материалы – 5–7
- 10) кости – до 2
- 11) уголь, шлак – 1–5
- 12) камни, керамика – 1–3
- 13) прочее – 8–30.

2. Промышленные отходы:

- 1) шлак, зола, окалина – до 70
- 2) отработанные формовочные смеси – до 10
- 3) шламы – до 5
- 4) отходы абразивов – около 1
- 5) древесные отходы – до 5
- 6) полимерные материалы – до 5
- 7) бумага, картон – до 2
- 8) мусор – до 30.

Объективно указанные выше соотношения могут в каждом конкретном случае изменяться в ту или иную сторону.

Обработка и утилизация отходов сводится в основном к мусоропереработке, к мусоросжиганию и захоронению на специально отведенных местах – полигонах. Методы этой обработки: биологические (разрушение органической части микроорганизмами), механические (включая прессование отходов), химические, термические (главным образом сжигание).

Важнейшим этапом переработки является сортировка отходов, включая мусор. Сортировка должна обеспечивать выделение металлических отходов, стекла, бумаги и картона, резины, древесины и т.д. Очень эффективным является сортировка отходов на самой ранней стадии. Например, в развитых странах бытовой мусор сортируют сами жители и складывают его составляющие в отдельные специально определенные мусоросборники для металлов, макулатуры, пищевых отходов, стекла и т.д.

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

Размещение (удаление) отходов – любая операция по хранению и захоронению отходов.

Хранение отходов – содержание отходов в объектах размещения отходов в целях последующего захоронения, обезвреживания или использования.

Захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Использование отходов – применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии.

Обезвреживание отходов – обработка отходов, в том числе сжигание и обезвреживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Производитель отходов обязан:

- принимать надлежащие меры по обращению с отходами, обеспечивающие охрану окружающей среды и сбережение природных ресурсов;
- соблюдать действующие экологические, санитарно-эпидемиологические и технологические нормы и правила при обращении с отходами;
- осуществлять раздельный сбор образующихся отходов по их видам, классам опасности и другим признакам с тем, чтобы обеспечить их использование в качестве вторичного сырья, переработку и последующее размещение;
- обеспечивать условия, при которых отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье людей.

Удаление твердых бытовых отходов. Москва ежегодно производит 7,8 млн. т мусора. Она вывозит мусор на арендованные у Подмосковья полигоны – «Саларьево», «Хметьево», «Дмитровский», «Кучинский», а также на десятки других официальных свалок. Москва утилизировала только 10% твердых бытовых отходов, остальное отправила на полигоны, в том числе 620 тыс. т крупногабаритного строительного мусора.

Сбор и удаление твердых отходов. Первый этап очистки территории – ежедневный повсеместный сбор отбросов, для чего в домовладениях устанавливают мусоропроводы и (или) мусоросборники – дворовые и квартирные. Тип и емкость мусоросборников зависят от количества накапливаемых отходов, этажности застройки, а также от способа загрузки и вывоза мусора. Наиболее распространены контейнеры емкостью 110–120, 210–220 и 500–600 л. Их целесообразно размещать по несколько штук на территории двора или квартала.

Все твердые отходы вывозят специализированным транспортом в специально отведенные места для обезвреживания и утилизации не реже трех раз в неделю, а в крупных городах – ежедневно.

В России в большинстве городов применяется **планово-регулярная, или коммунальная, очистка**, т.е. отбросы с мест их сбора удаляют в установленные сроки независимо от фактического накопления, без заявок или вызова транспорта. Мусоросборные машины по определенному маршруту объезжают кварталы города и забирают отходы. В зависимости от местных условий их могут пересыпать из дворовых мусоросборников в кузов машины или вывозить прямо в контейнерах, оставляя взамен пустой контейнер.

В некоторых городах используется так называемая **поквартирная очистка**, когда жители в установленное время выносят собравшийся у них мусор непосредственно в транспорт очистки.

Для стоянки и обслуживания крупногабаритных уборочных ассенизационных машин, мусоровозов отводят земельные участки из расчета 80 м² на одну машину. Под стоянку малогабаритных тротуароуборочных машин отводят земельные участки из расчета 25 м² на одну машину.

Ни один из применяемых в настоящее время способов сбора и удаления отходов не считается удовлетворительным ни по санитарно-гигиеническим, ни по технико-экономическим показателям. Несомненно, в ближайшем будущем будут применяться более

прогрессивные методы, например, вакуумная система сбора и транспортирования ТБО, уже введенная в эксплуатацию в одном из микрорайонов Москвы.

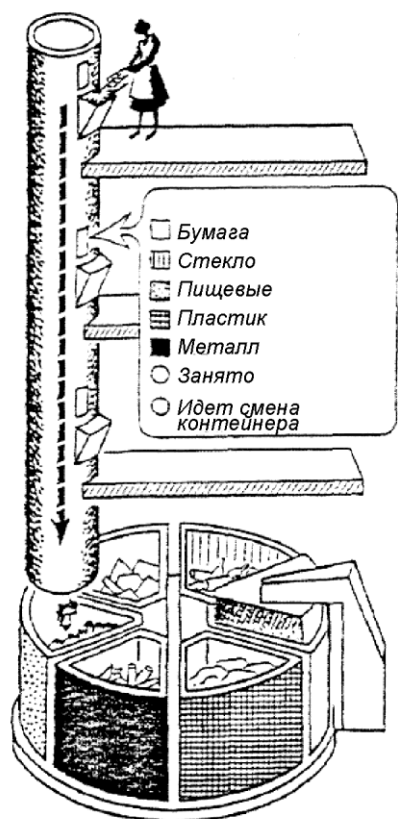


Рис. 159. Мусоропровод с сортировкой

Для облегчения переработки и вторичного использования бытового мусора американский изобретатель Марк Шанцис предлагает устроить в многоэтажных домах мусоропровод с сортировкой мусора. Для этого у нижнего конца трубы мусоропровода надо поставить нечто вроде карусели с мусорными контейнерами, а у каждой дверцы на этажах – панель управления, с помощью которой над отверстием трубы можно подставить контейнер, например, для бумаги или стекла (рис. 159). Когда на одном этаже дверцу открывают, на всех остальных этажах дверцы блокируются, чтобы не поступали противоречивые команды. Специальный пресс уплотняет мусор в контейнерах.

В Японии мусор выкидывают по расписанию. Памятку на отдельном листе скорее всего вам выдаст хозяин квартиры. Для сгорающих отходов могут быть предусмотрены четные дни, для несгорающих – вторник, для стекла – первый понедельник месяца и т.д. Эти правила лучше соблюдать, иначе вам обязательно сделают замечание или поставят «случайно» выкинутую в неподобающий день стеклянную банку под дверь.

Малая доля самого цивилизованного обращения с мусором объясняется тем, что очень трудно организовать селективный сбор. Дело в том, что почти 90% домов – многоэтажки, жителям которых

предлагается выбрасывать отходы в мусоропровод, а не выносить в контейнеры на улицу. Тем не менее система селективного сбора тоже потихоньку развивается. В частности, в 2005 году в 34 из 120 районов Москвы установлены более 2700 специальных контейнеров для вторичного сырья, действует свыше 60 стационарных пунктов и 213 мобильных пунктов приема вторичного сырья. Туда можно сдать макулатуру, лом, стеклобой, получить деньги. На московских улицах впервые появились и так называемые фандоматы – специальные автоматы, куда москвичи могут сдавать пластиковые бутылки (до 0,6 л) и алюминиевые банки и получать за каждую из них по 10 и 30 копеек соответственно. Все это только за 2005 год позволило собрать более 60 тыс. т вторсырья.

В 2005 году столичные парламентарии приняли закон от 30 ноября 2005 года № 68 «Об отходах производства и потребления в городе Москве». Документ регламентирует особенности обращения с мусором. Хозяйственным субъектам вменяется в обязанность раздельный сбор отходов. Определены приоритеты: переработка предпочтительнее уничтожения, уничтожение желательнее захоронения. Приветствуется развитие рынка вторичных материальных ресурсов и вовлечение их в хозяйственный оборот. Закон запрещает ввозить на территорию Москвы мусор, который нельзя переработать. Здесь же впервые указаны нормативные требования к отходам лечебных учреждений. В частности, опасные и чрезвычайно опасные отходы медучреждений перед хранением и последующей транспортировкой для термического уничтожения должны быть подвергнуты обязательной дезинфекции. За нарушение правил хранения мусора с должностных лиц будут взимать штраф в размере 50 МРОТ, а с юридических – от 150 до 200 МРОТ. За изготовление

продукции из вторичного сырья без сертификата компанию накажут уже на сумму от 450 до 500 МРОТ.

По данным департамента природопользования и охраны окружающей среды Правительства г. Москвы, утилизации подвергается только 10% ТБО и медицинских отходов и не более 30% отходов промышленности и строительства. Основная же масса мусора вывозится на несанкционированные свалки. На ликвидацию одной такой свалки требуется в среднем около 500 млн. руб. Платить за это вынужден город из бюджета, так как установить виновного в образовании свалки зачастую невозможно.

Что же касается сортировки мусора самими москвичами по разным контейнерам, то этот вопрос сложный. В отличие от Запада, где основное население живет в коттеджах, у нас есть мусоропровод в подъезде, и заставить граждан раскладывать мусор по контейнерам очень трудно. Нужно продумать систему коммунальных льгот для сознательных москвичей и проводить пропаганду в СМИ.

В Германии более 20 лет ведут селективный сбор мусора: отдельно собирают пластиковую упаковку, стекло и алюминиевые банки. Переработка бытовых отходов приносит в федеральный бюджет Германии значительную ежегодную прибыль.

В европейских странах смогли финансово заинтересовать частных в переработке отходов с помощью прописанных в законодательстве льгот и дотаций.

Там кроме крупных государственных и муниципальных компаний переработкой отходов активно занимаются небольшие частные компании. На полигонах, куда свозится мусор, были построены заводы, которые перерабатывают отходы в биологический газ – метан. Из твердых отходов делают стройматериалы и утеплители. Старые автомобильные покрышки и битое стекло стоят больших денег, потому что из них научились делать специальные добавки в асфальт. Изготовлением специальной крошки из бытовых отходов не гнушаются и транснациональные компании. Сеть супермаркетов ИКЕА в Германии построила несколько заводов по переработке стекла.

Идея первичной сортировки мусора пришла к нам с Запада. Там граждан приучают к раздельному сбору мусора уже 15 лет. Нарушителей штрафуют, а активистов всячески поощряют. В одних европейских странах за сданное вторсырье дают скидки в супермаркетах, в других – самые активные сборщики мусора получают льготы при оплате коммунальных услуг. В Берлине школы, в которых ученики собирают металлолом и макулатуру, получают половину денег, вырученных от их переработки. В итоге сейчас в Европе вторичной переработке подвергаются уже больше половины отходов, до 90% обретают новую жизнь. В Москве давно назрела необходимость введения такой системы. Кроме экономических и экологических преимуществ, есть для этого и чисто технологические причины: скоро Москве будет негде складировать свои отходы.

Столичные власти занялись созданием системы санитарной очистки города, где максимальная часть отходов будет перерабатываться.

По мнению городских властей, это снизит нагрузку на мусоросжигающие заводы и подмосковные свалки, что, несомненно, скажется на улучшении состояния окружающей среды в местах отдыха москвичей.

Основным звеном новой системы как раз и станет раздельный сбор мусора, в котором предлагают поучаствовать москвичам. Перед переработкой отходы необходимо отсортировать. Выгоднее всего это делать как раз на самой первой стадии – на пути из квартиры на помойку. Население эту идею обязательно поддержит.

В этом отношении интересен опыт парижан. Сознательные парижане, которые каждый день производят 3 тыс. т отходов, с 2001 года сортируют их дома. Каждая городская помойка оснащена тремя специальными баками: для стекла, бумаги и остального мусор. Каждый бак с яркой расцветкой оснащен микрочипом, который автоматически фиксирует время наполнения и время вывоза. Мусоровозы также оборудованы считывающими устройствами и бортовыми компьютерами, которые опять-таки автоматически считывают эту информацию

и отправляют ее на центральный компьютер диспетчерской. Умные логистики, анализируя наполнение помоек, рассчитывают оптимальные маршруты машин и рабочие смены. В Париже такими высокими технологиями заняты коммерческие фирмы, например, Plastic Omnium, которая «держит» 70% всех мусоросборных услуг французской столицы. Селективный сбор мусора возможен только тогда, когда каждый горожанин осознает, зачем это делается. У всех больших городов есть два варианта: либо ставить на улицах баки для разных категорий отходов, либо устанавливать оборудование по разделению отходов возле мусоропроводов. В США вообще ставят измельчители бытового мусора в квартирах. Но во Франции постепенно отказываются от системы мусоропроводов в домах: приучают людей сортировать мусор дома и класть его в разные контейнеры, а новые дома строят без мусоропроводов. Это гораздо гигиеничнее.

Сжигание твердых бытовых отходов (ТБО) рассматривается как оперативный метод обезвреживания отходов, которое не требует предварительной сортировки. Термический метод позволяет уменьшить объем отходов в 10 раз, использовать тепло сжигания для отопительных целей и снижает загрязнение отходами почвы, воды. Наибольшее распространение получили слоевое сжигание несортированных отходов в котлоагрегатах с подвижными колосниковыми решетками разной конструкции и сжигание ТБО в топке кипящего слоя с предварительным отделением металла.

На термическом методе базируется создание мусоросжигательных заводов. Однако сжигание заодно уничтожает ценные компоненты, загрязняет атмосферу и дает достаточно много золошлаковых отходов, которые тоже подлежат захоронению на полигонах.

Объективное изучение мировой техники и тенденции ее развития на основе аналитической, эколого-экономической и технологической оценки методов переработки отходов и принципов их системного объединения позволяют сделать вывод, что не существует какого-либо одного универсального метода переработки отходов, удовлетворяющего современным требованиям экологии, экономики, ресурсосбережения. Стремление использовать для переработки всей массы отходов один конкретный метод (например, сжигание) приводит к неоправданному увеличению затрат и усиливает негативное влияние технологии на окружающую среду. Наиболее верным подходом является комплексная переработка отходов, начинающаяся с их сортировки. Примерами технологий, которые могут быть при этом использованы, являются сжигание горючей составляющей отходов, прессование металлической, дробление стеклянной и керамической фракций, ферментация биоразлагаемых отходов и т.п.

К нетрадиционным направлениям обращения с ТБО относятся принципиально новые технологии, направленные не на уничтожение или захоронение отходов, а на использование их в качестве сырья, для чего внедряется система отдельного сбора мусора, глубокой сортировки и повторного использования (рециклирования).

Не менее сложными являются вопросы обращения с отходами производства. Среди них шины, аккумуляторы, ртутные лампы, утратившие свои потребительские свойства, краски, щелочи, нефтеотходы и пр. Достаточно часто многие виды твердых отходов производства, вследствие нерешенности проблемы, попадают в общую массу ТБО, делая их еще более опасными и усложняя проблему переработки.

В соответствии с нормативными требованиями образование, сбор, накопление, хранение и первичная обработка отходов производства являются неотъемлемой составной частью технологических процессов, в ходе которых они образуются, и должны быть отражены в технологических регламентах и другой нормативно-технической документации.

Не существует отходов производства, которые нельзя было бы переработать тем или иным методом. Главными критериями технологий переработки являются экологическая безопасность и экономическая эффективность, выраженная в себестоимости переработки одной тонны.

Технологии переработки отходов производства можно классифицировать следующим образом:

- термические технологии;
- физико-химические технологии;
- биотехнологии;
- механические;
- смешанные.

Термические методы применимы для утилизации любых видов отходов. Сущность метода заключается в термической обработке отходов высокотемпературным теплоносителем (контактным или бесконтактным методом), которым могут быть продукты сгорания топлива – плазменная струя (3000К и выше), расплав металла или оксида, СВЧ-нагрев отходов. Продукты терморазложения подвергаются окислению, другим химическим взаимодействиям с образованием нетоксичных газообразных, жидких и твердых продуктов.

Физико-химические методы переработки отходов не обладают универсальностью, однако, могут дать наивысший результат, если использовать отходы как сырье для получения полезного продукта. Примером является переработка резины, резиноканевых отходов, автомобильных покрышек и пр. Конечной продукцией является резиновая крошка, используемая для покрытий, коврик под рельсовых прокладок, добавок в битум и т.п. Другой пример – переработка полимерных пленок. Одной из сложных задач является проблема переработки ртутьсодержащих отходов. Современные технологии предусматривают демеркуризацию твердых бытовых отходов, выщелачивание, окисление, экстракцию ртути. Технологии могут применяться для создания передвижных комплексов по переработке ртутьсодержащих отходов.

Биотехнологии позволяют не просто различать органические составляющие отходов, но и проводить биотермическое аэробное компостирование с получением удобрений, анаэробную ферментацию с получением биогаза (причем в большинстве случаев за счет гниения мусора на полигонах). Переработка тонны органического остатка твердых бытовых отходов в специальных реакторах может дать до 500 м³ биогаза, состоящего на 60–70% из метана и оксида углерода.

Захоронение на свалках и полигонах. Согласно ряду данных, этот метод захоронения к 2010 г. будет включать работы с 65% общего объема твердых отходов. Мощность полигонов, используемых для этих целей, постоянно возрастает за счет повышения удельной нагрузки, степени уплотнения и высоты складирования. Использование катков-уплотнителей позволяет доводить плотность твердых отходов (ТО), в частности, до 0,8 т/м³. При этом высота складирования увеличивается до 60 м, вместимость возрастет в 5–6 раз.

Полигоны хранения твердых бытовых отходов (ТБО) размещаются за пределами населенных мест. Ширина санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона должна быть не менее 500 м. Ее протяженность уточняется посредством расчета выбросов в атмосферу с тем, чтобы в населенных пунктах выполнялось условие:

$$C_{i,фак} \leq ПДК_i.$$

По гидрологическим условиям под оборудование полигонов ТБО рекомендуется отводить участки с глинистыми почвами или тяжелыми суглинками и подземными грунтовыми водами, расположенными на глубине не более 2 м. Исключается использование под полигон болот глубиной более 1 м и участков с выходами грунтовых вод в виде ключей, затопляемых паводковыми водами. Нельзя использовать районы геологических разломов и земельных участков, расположенных к аэропортам ближе 15 км.

Площадь участка под полигон ТБО выбирается из условий его эксплуатации не менее 15–20 лет и должна соответствовать данным табл. 30.

Связь площади полигона ТБО (за) с численностью обслуживаемого населения и высотой складирования отходов

Численность обслуживаемого населения, тыс. чел.	Высота складирования отходов, м				
	12	20	25	35	45
50	6,5	4,5–5,5	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5–7,5		
250	31	21	16	11,5–13,5	
500	61	41	31	23	16,5–20
1000	121	81	61	45	35

Схематический разрез полигона приведен на рис. 160.

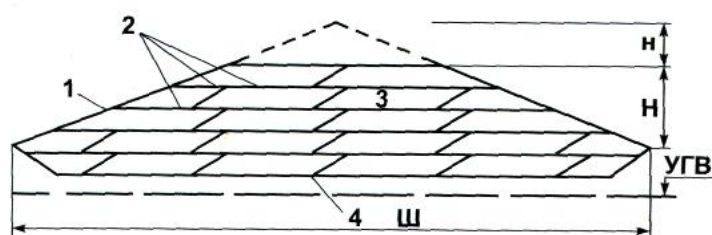


Рис. 160. Схематический разрез полигона ТБО:

1 – наружная (окончательная) изоляция; 2 – промежуточная изоляция; 3 – ТБО; 4 – водоупорное основание; Н – высота; н – показатель снижения высоты; Ш – ширина; УГВ – уровень грунтовых вод

Высотное размещение котлована показано на рис. 161.

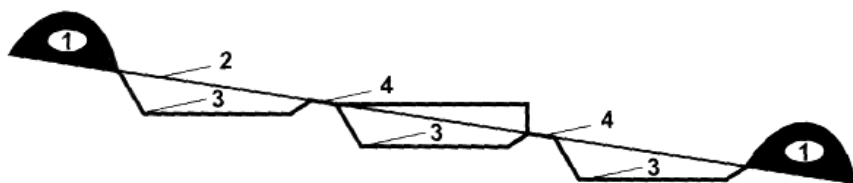


Рис. 161. Высотное размещение котлована в основании полигона:

1 – кавальер фунта для изолирующих слоев; 2 – уровень поверхности участка до разработки котлованов; 3 – горизонтальное основание; 4 – промежуточный вал

Каждый уплотненный слой ТБО следует засыпать грунтом (строительными и инертными промышленными отходами) высотой 15–25 см. Площадки разгрузки мусоровозов следует огораживать сеткой высотой 3–4 м с тем, чтобы легкие фракции отходов (пленка, бумага) не разносились на прилегающие участки земли. Существует несколько схем укладки отходов (рис. 162 и 163).

Особые требования предъявляются при переработке и захоронении радиоактивных отходов (РАО), к которым необходимо отнести не только отработанное ядерное топливо и источники излучения, но и жидкие радиоактивные отходы, элементы ядерных устройств, например реакторы ядерных энергетических установок подлодок.

В настоящее время разработаны надежные способы переработки РАО в новые ядерные элементы и надежные способы захоронения, в частности концентрирование и остекления отходов. Тем не менее проблема РАО остается острой и не решенной полностью.

Основным генеральным направлением в утилизации отходов должно стать полное использование в качестве вторичного сырья.

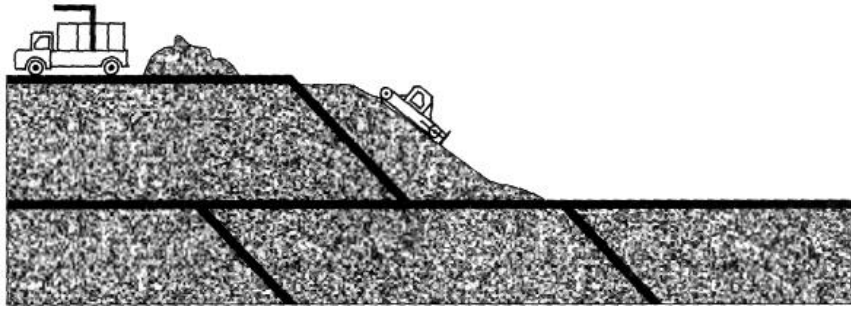


Рис. 162. Укладка отходов методом «сталкивания» (сверху вниз)

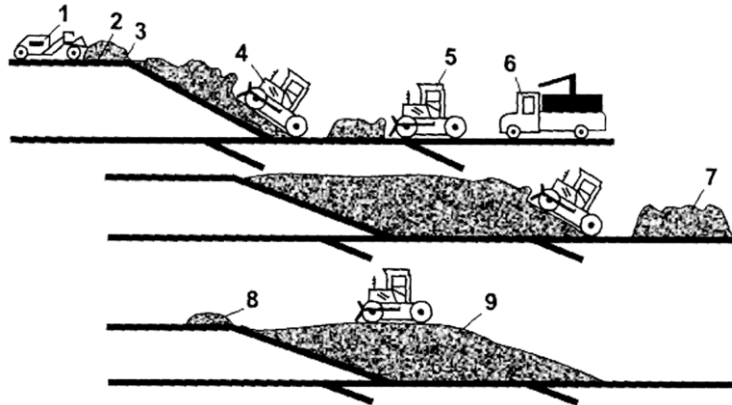


Рис. 163. Укладка отходов методом «надвига» (снизу вверх):

1 – скрепер, доставляющий грунт; 2 – изолирующий слой; 3 – грунт для изоляции; 4 – бульдозер, уплотняющий ТБО; 5 – бульдозер, транспортирующий ТО от места выгрузки из мусоровоза к рабочей карте; 6 – мусоровоз на месте выгрузки; 7 – укладка наклонных слоев; 8 – укладка тонких горизонтальных слоев; 9 – выгруженные ТО

Организация рекультивации нарушенных земель

Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность в связи с разрушением на них почвенного и растительного покрова, изменением гидрогеологического режима и образованием техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.

Почва – верхний слой земли, возникший в результате воздействия живых организмов на минеральный субстрат и разложения мертвых организмов.

Плодородный слой почвы – верхняя гумусовая часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для произрастания растений свойствами.

Рекультивация земель – комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель.

Распространенными типовыми загрязнениями являются нарушения почвенных слоев земли. Проблема нарушенных земель возникает также в ходе ликвидации различных объектов и подготовки земель для передачи в народнохозяйственное использование.

В соответствии с постановлением Правительства № 140 от 23.02.1994 г. «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» проведение рекультивации нарушенных земель является обязательным для всех юридических, должностных и физических лиц, в том числе иностранных юридических и физических лиц. Требования к работам по рекультивации определены в «Основных положениях о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» (Утв. приказом Минприроды России и Роскомзема № 525/67 от 22.12.1995 г.) и в национальном ГОСТе 17.5.3.04–83*.

Рекультивация нарушенных земель осуществляется в целях восстановления их для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-оздоровительных целей. Выбор направления рекультивации определяется в соответствии с ГОСТ 17.5.1.02–85.

Рекультивация осуществляется в два этапа: технический и биологический.

Технический этап предусматривает планировку, формирование откосов, снятие и нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вскрышных пород, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель по целевому назначению или для проведения мероприятий по восстановлению плодородия почв (биологический этап).

Биологический этап включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы.

Технология биологической рекультивации зависит от выбранного направления рекультивации, технологии технической рекультивации, мощности насыпного слоя и его структуры, агрохимических и водно-физических свойств пород, расположенных на восстанавливаемой территории. При разработке технологии сельскохозяйственной рекультивации необходимо, чтобы все планируемые мероприятия были направлены в первую очередь на восстановление плодородия рекультивируемых земель.

Рекультивируемые земли и прилегающая к ним территория после завершения всего комплекса работ должны представлять собой оптимально организованный и устойчивый ландшафт.

Рекультивация земель проводится на основе проектов рекультивации, получивших положительное заключение государственной экологической экспертизы. Разработка проектов осуществляется на основе действующих экологических, санитарно-гигиенических, строительных, водохозяйственных, лесохозяйственных и других нормативов, стандартов с учетом региональных природно-климатических условий и месторасположения нарушенного участка.

До начала рекультивационных работ проводятся комплексные исследования, направленные на получение достоверной информации о возможных изменениях природной среды. В соответствии с действующими методиками отбираются пробы почв, которые анализируются на наличие радионуклидов (Cs–137, Ra–226, Th–228, K–40), бензина, керосина, дизельного топлива, бензола, толуола, ксилолов, компонентов ракетного топлива, а также пробы воды из близлежащих открытых водных объектов на наличие компонентов ракетных топлив, нитратов и других веществ согласно общим санитарным показателям. Если в пробах отсутствует наличие опасных веществ, в технический проект не включаются специальные технологии по очистке земель и водоемов.

Составной частью рекультивационных работ является ликвидация инженерной инфраструктуры объектов (основных и вспомогательных зданий, сооружений, подземных коммуникаций, переходов, заглубленных емкостей различного назначения). Образующиеся при этом элементы металлических конструкций сдаются в металлолом.

На первом этапе работ осуществляется снятие плодородного слоя почвы и временное складирование его в бурты в пределах площадки. После захоронения отходов, выравнивания рельефа (засыпка воронок, котлованов, разравнивание земляных валов, насыпей, обваловок) снятый плодородный слой возвращается, укладывается и профилируется на площадке в соответствии с проектной документацией. После этого проводится этап биологической рекультивации и передача земель в народнохозяйственное использование в установленном порядке.

