

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование
Разработчик: доцент, к.т.н. Манвелова Н.Е.**

**Санкт-Петербург
2018**

Лекция № 1.

Введение

1.1. Глобальные проблемы окружающей среды

1.1.1. Масштабы экологического кризиса

Ушедший двадцатый век оказался для человечества веком разительных социальных перемен, экономических и экологических изменений. К его началу человечество пришло с экономикой, которая производила валовой мировой продукт в объеме 60 млрд долл., т.е. именно такой экономический потенциал был создан человечеством до XX в. (табл. 1.2). К концу XX в. экономика создавала такой продукт всего за один день, т.е. всего за одно столетие темпы роста экономики возросли в сотни раз. Это сопровождалось невиданным ростом народонаселения, которое увеличилось в 6 раз.

Таблица 1.1

Изменение масштабов хозяйственной деятельности и глобальной экосистемы [5]

Показатель	Начало XXв.	Конец XXв.
Валовой мировой продукт, млрд. долларов	60	20 000
Численность населения, млрд. человек	1,0	6,0
Потребление пресной воды, млрд. м ³	360	4000
Потребление чистой продукции биоты, %	1	40
Сокращение числа видов, %	—	20
Площадь, нарушенная хозяйственной деятельностью, %	20	60
Потребление энергии	1	Возросло в 12 раз (удвоение каждые 25 лет)

Основными тенденциями прошедшего века были следующие:

- сокращение площади экосистем во второй половине со скоростью 1% в год (сохранилось не более 40% ненарушенных площадей);
- изменение концентрации парниковых газов (CO₂) в атмосфере (увеличение в несколько раз);
- истощение озонового слоя на 1-2% в год, появление озоновых дыр;
- сокращение площади лесов, особенно тропических (200 тыс. км²/год);
- расширение площади пустынь (60 тыс. км²/год);
- деградация земель (засоление почв, снижение плодородия, эрозия почвы);
- повышение уровня океана (от 2 мм до 1 см в год);
- увеличение количества техногенных аварий и катастроф (рост ущерба и числа жертв на 5-10% в год);
- исчезновение биологических видов (в год исчезает от 5 до 150 тыс. существующих видов из примерно 20 млн.);
- накопление вредных веществ в воде, почве, воздухе;
- увеличение потребления пресной воды;
- появление и увеличение интенсивности вредных физических полей (шум, инфразвук, электромагнитные поля);
- изменение климата (глобальное потепление);
- ухудшение в определенной степени качества жизни (генетические и новые заболевания, понижение иммунного статуса).

1.1.2. Нарушение естественных экосистем

Основным следствием хозяйственной деятельности человека служит нарушение им естественных экосистем на суше. По степени нарушенности экосистем различают территории:

- **ненарушенные** - наличие естественного растительного покрова и плотность населения не более 10 чел. на 1 км²;
- **частично нарушенные** - наличие вторичной, но естественно восстанавливаемой растительности, следов деятельности человека, например рубки леса;
- **нарушенные** - наличие постоянных сельскохозяйственных угодий и городских поселений, отсутствие естественной

растительности и даже деградация земель, например расширение площади пустынь.

На нарушенных территориях идет распад остатков экосистем, не успевает восстанавливаться устойчивое состояние, идет непрерывный распад органического вещества, нарушен нормальный, сбалансированный оборот биогенных веществ, что вынуждает затрачивать дополнительную энергию для его поддержания и для очистки окружающей среды.

В наибольшей степени экосистемы нарушены в Европе, Северной Америке и частично в Азии. Во многих странах этих регионов сельскохозяйственные угодья, населенные пункты и хозяйственная инфраструктура занимают от 40 до 80% территории. Это относится к США, Великобритании, Нидерландам, Японии и другим странам.

В Северном полушарии сформировались три центра экологической деградации, тесно связанных с ростом плотности населения:

- североамериканский (США, Мексика, частично Канада) - 6 млн. км²;
- европейский (Западная, Центральная и Восточная Европа со странами Балтии, европейская часть России) - 7 млн. км²;
- азиатский (Индостан, Китай без Тибета, Япония, Корея, Филиппины, Цейлон, Бирма, Малайзия) - 7 млн. км².

На Земле пока сохранились центры стабилизации окружающей среды, в число которых входят:

- северный евроазиатский (Скандинавия, Север России, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток) - около 13 млн. км² (тайга и лесотундра);
- североамериканский (Аляска, Канада) - 9 млн. км²;
- южноамериканский (Амазония) - 1 млн. км²;
- австралийский - 4 млн км².

Потеря биоты биосферы. За последние 100 лет человек уничтожил большой объем органической продукции, чем было создано за сотни миллионов лет. Человек потребляет примерно 30% фотосинтезированной продукции, что ведет к уничтожению биомассы, опустыниванию и пр. При таком интенсивном освоении и уничтожении человеком биоты диким животным не остается

пищи для существования, а диким растениям - пространства для воспроизводства.

Всего на Земле существует от 5 до 30 млн. видов. По различным оценкам, к концу XX в. исчезало ежегодно от 5 тыс. до 150 тыс. видов.

Любой вид выполняет на Земле определенные регулирующие и стабилизирующие функции. Исчезновение вида понижает порог устойчивости окружающей среды, поскольку именно она зависит от сохранения биоразнообразия. Единственный залог этой устойчивости - сохранение на Земле разнообразия видов и центров стабилизации.

Наиболее яркие примеры уничтожения биоты - истребление лесов, преобразование естественных растительных покровов в сельскохозяйственные и другие угодья. Масштабы уничтожения лесов колоссальны: за 10 тыс. лет ликвидировано почти 50% лесов на Земле. Вырубка лесов идет темпами 50 га в минуту.

Химизация Земли и загрязнение атмосферы. Для достижения высокой урожайности используются различные удобрения и пестициды, которые, попадая в почву, насыщают ее химическими веществами.

В окружающую среду выбрасывается большое количество отходов: пластмассы, тяжелые металлы, которые или по массе превышают естественный оборот (свинец, железо), или вообще отсутствовали раньше в биосфере (пластмассы), поэтому природа не перерабатывает их или перерабатывает с трудом. Самые массовые отходы связаны с производством энергии и транспортом. Сжигание топлива, движение автомобилей приводят к выбросам оксида углерода, оксидов азота, диоксида серы, углеводородов.

Глобальные изменения климата. Начиная с прошлого столетия, наблюдается рост концентрации в атмосфере парниковых газов, в первую очередь углекислого газа, в результате чего приземная температура повысилась на 0,6°C. Тенденция потепления сохраняется. По прогнозам, через 100 лет, когда концентрация CO₂ на Земле должна удвоиться, потепление составит еще 3°C.

Потепление вызывает различные стихийные бедствия: цунами, тайфуны, наводнения.

Разрушение озонового слоя Земли. Атмосферный озон, максимальная концентрация которого находится на высоте 10...25

км в тропосфере, предохраняет жизнь на Земле от смертельных ультрафиолетовых излучений. Разрушают его оксиды азота, а также хлорфторуглероды, которые в природных системах практически отсутствуют. Изменение толщины озонового слоя всего на 1% Увеличивает интенсивность ультрафиолетового излучения на 2%, а риск заболеваний раком кожи - на 3...6%. Ультрафиолетовое излучение особо воздействует на фитопланктон, расположенный в поверхностном слое Мирового океана, а также на растения.

Масштабы уничтожения озонового слоя таковы, что над некоторыми регионами, например Австралией, Антарктидой и др., образовались озоновые дыры. Тенденция к уменьшению слоя озона фиксируется для всех географических районов Земли.

Твердые и опасные отходы. На Земле ежегодно утилизируется год 3,5 млрд. т нефти, 5,5 млрд. т угля, 2,5 млрд. т металла, 3 млрд. м³ древесины и т.п.

В год образуется 500 млн. т опасных химических отходов, из них 50% - в США. На втором месте по количеству отходов находится Россия, на третьем - Индия. Вредные отходы содержат тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть), которые, накапливаясь в организме человека, вызывают отравление, болезни, снижение репродуктивной функции.

Наиболее опасны радиоактивные отходы. Первая атомная бомба была взорвана в 1945 г., с тех пор в мире было произведено более 2 тыс. взрывов. В результате радиоактивный фон планеты повысился на 2%.

Проблема уничтожения радиоактивных отходов от деятельности АЭС, атомных подводных лодок и других источников не решена.

Загрязнение вод. Пресная вода в биосфере составляет всего 2% общего объема вод, из которых 99% составляет лед. В реках и озерах содержится всего 90 тыс. км³ пресной воды, потребление пресной воды человечеством составляет 4 тыс. км³ в год (70% - сельское хозяйство, 30% - промышленность и коммунальное хозяйство). Истощение запасов пресной воды наступит в течение нескольких десятков лет.

Пресная вода повсеместно загрязнена, общая масса загрязнителей составляет более 15 млрд. т в год. Наиболее опасные загрязнители - тяжелые металлы, фенолы, пестициды, поверхностно-активные вещества, нефтепродукты.

Исчерпание природных ресурсов. Все природные ресурсы делятся на неисчерпаемые и исчерпаемые. К неисчерпаемым относятся ресурсы космического происхождения: энергия солнечного излучения и ее производные (энергия движущегося воздуха, энергия воды). Исчерпаемые ресурсы - животный и растительный мир Земли, полезные ископаемые. Многие исчерпаемые ресурсы находятся под угрозой исчезновения. Расчеты показывают, что при наметившихся тенденциях развития человечества могут исчезнуть или резко сократиться через 100 лет запасы пресной воды, кислорода в атмосфере (его количество ежегодно уменьшается на 10... 12 млрд. т из-за вырубки лесов), древесины, полезных ископаемых (угля, нефти, газа, железа и пр.), плодородных земель.

Энергетические проблемы. Громадное влияние на состояние окружающей среды оказывает энергетика. Увеличение потребления энергии вызвало истощение природных ресурсов. Казавшиеся неисчерпаемыми запасы нефти, угля, газа тают на глазах, а освоение новых месторождений становится все дороже. За последние годы в энергетике произошли две революции: уголь уступил место нефтепродуктам, а нефть уступает место природному газу.

В таблице 1.3 представлена структура современной энергетики и ее влияние на экологию.

Такие виды энергии, как солнечная, ветровая, океаническая, геотермальная и др., являются возобновляемыми. Они считаются экологически чистыми, но также воздействуют на окружающую среду. Использование солнечной энергии ограничено районами, где велико число солнечных дней. Эта энергия очень дорогая и пока не находит широкого использования. Крупные солнечные электростанции (СЭС) функционируют в США, Испании, Италии, Израиле, Японии. Приливные электростанции построены во Франции, очень перспективны в России (например, в Охотском море). Геотермальные электростанции задействованы в США, Мексике, Японии. Ветровые электрогенераторы широко используются в Дании, Нидерландах, США, Швеции, Германии.

Таблица 1.2

**Структура современной энергетики и ее
влияние на экологию**

Энергетическая технология	Доля в мировом производстве, %	Экологические последствия
Сжигание ископаемого топлива	78	Уничтожение природных ресурсов, выбросы пыли и вредных газов
Ядерная энергетика	15	Опасность радиоактивного заражения, проблема отходов
Гидроэнергетика	6,6	Затопление природных территорий, изменение природных и климатических условий
Гелиоэнергетика	0,1	Требует больших площадей
Ветроэнергетика	0,3	Повышенный шум, инфразвук

Человек. Самой большой проблемой для сохранения природной среды является человек. Именно его воздействие на природу вызывает проблемы, перечисленные выше. Неразумный подход к использованию природных богатств и охране окружающей среды до определенного времени не интересовал человека. Однако сейчас приходится задумываться о том, как обеспечить себя всем необходимым, если вследствие антропогенного воздействия на природу, она начинает «мстить».

В последнее время человечество все более глубоко осознает важность экологических проблем и ищет пути их решения.

Лекции № 2

ИСТОЧНИКИ И ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1. Классификация загрязнений окружающей среды

Главнейшим и наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является загрязнение. Большинство острейших экологических ситуаций в мире и в России, так или иначе, связано с загрязнением окружающей природной среды (Чернобыль, кислотные дожди, опасные отходы и т. д.).

Выбросы промышленных предприятий (рис.2.1), энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра достигли таких размеров, что в ряде районов земного шара уровни загрязнений значительно превышают допустимые санитарные нормы. Это приводит, особенно среди городского населения, к увеличению количества людей, болеющих хроническим бронхитом, астмой, аллергией, ишемией, раком.

Загрязнение - это привнесение в среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических агентов, либо превышение в рассматриваемое время естественного среднесноголетнего уровня концентраций перечисленных агентов в среде, нередко приводящее к негативным последствиям.

В наиболее общем виде загрязнение - это все то, что находится не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, что выводит ее системы из состояния равновесия.

Загрязнение представляет собой комплекс помех (шумов) в экосистемах, воздействующих на потоки энергии и информации в пищевых цепях.



Рис.2.1. Взаимодействие промышленного предприятия с окружающей средой

Рассматривая **загрязнение как комплекс помех**, его можно классифицировать следующим образом:

- **ингредиентное (химическое) загрязнение**, представляющее собой совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам;
- **параметрическое (физическое) загрязнение**, связанное с изменением качественных параметров окружающей среды;
- **биоценотическое загрязнение**, заключающееся в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов;
- **стабиально-деструктивное загрязнение** (стация — место обитания популяции, деструкция — разрушение), представляющее собой изменение ландшафтов и экосистем в процессе природопользования.

Источниками антропогенного загрязнения, наиболее опасными для популяций любых организмов, являются промышленные предприятия, теплоэнергетика, транспорт, сельскохозяйственное производство. Под влиянием урбанизации в большей степени загрязнены территории крупных городов (рис.2.2). Природными загрязнениями могут быть пыльные бури, селевые потоки, лесные пожары, вулканический пепел и т. д.

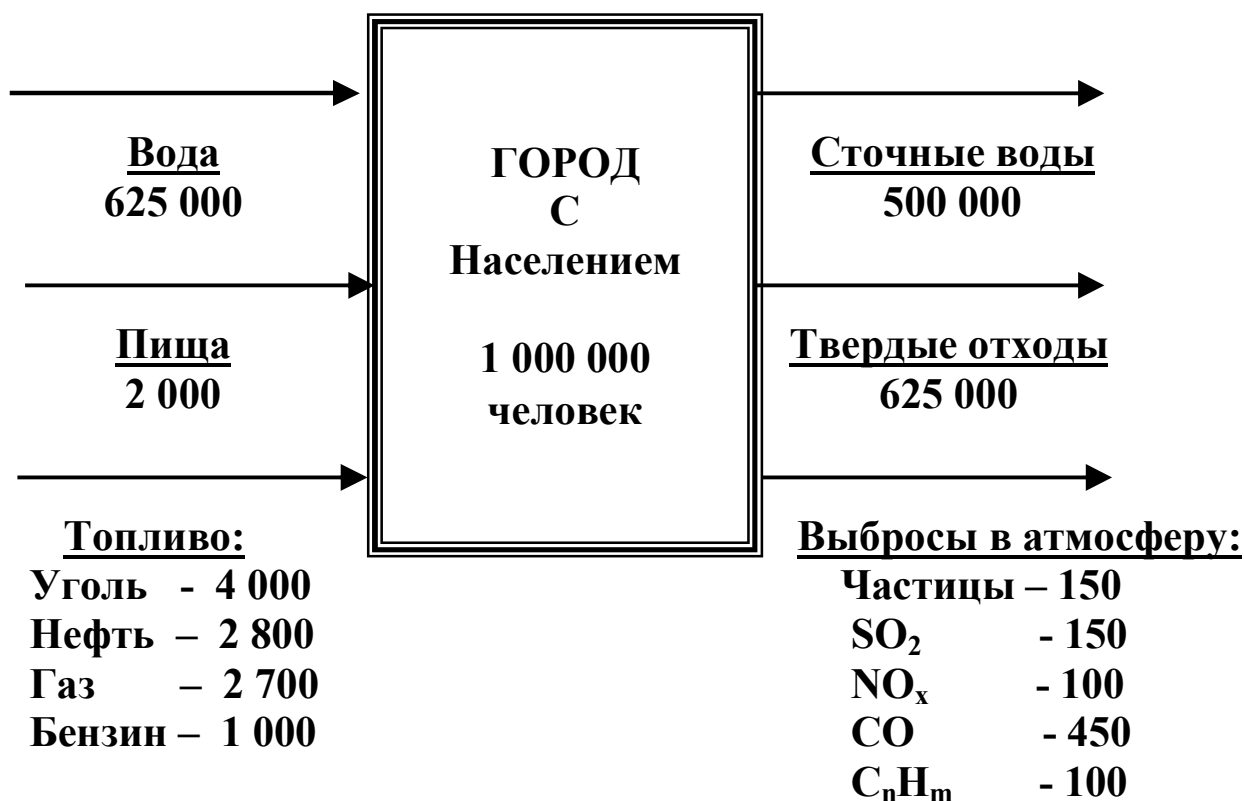


Рис.2.2. Массообмен современного города

По **объектам** загрязнения различают:

- загрязнение атмосферного воздуха;
- загрязнение поверхностных и подземных вод;
- загрязнение почв и т. д.

С экологической точки зрения загрязнители можно разделить на два типа:

- **стойкие (неразлагающиеся) загрязнители**, которые в естественной среде либо не разрушаются, либо разрушаются, но очень медленно; в основном к ним относятся химические соединения, полученные человеком в результате искусственного синтеза и не входящие в число природных соединений;
- **загрязнители, разрушаемые биологическими процессами**, для которых существуют естественные механизмы переработки, например, бытовые сточные воды, в которых все органические и легко окисляемые неорганические соединения разлагаются при биологической очистке.

2.2. Химическое загрязнение окружающей среды

Каждое химическое вещество обладает свойством **стабильности**. Но под влиянием различных факторов (температуры, давления, кислорода, инсоляции, почвенной биоты, микрофлоры и др.) вещество способно **трансформироваться** - изменять свою химическую структуру, физико-химические свойства, биологическую активность.

Самоочищение - это естественное разрушение загрязнителя в среде в результате природных физических, химических и биологических процессов.

В ряде случаев трансформация, а также взаимодействие загрязнителей приводят к образованию вторичных продуктов, обладающих свойствами, еще более опасными для природной среды и здоровья человека.

Количество **загрязняющих веществ** в мире огромно, и число их по мере развития технологических процессов постоянно растет. В настоящее время известно около 8 млн. химических веществ и соединений. Из них 600 тысяч находят применение в деятельности человека: промышленные яды (органические растворители красители и др.), ядохимикаты, препараты бытовой химии, лекарства, пищевые добавки, отравляющие вещества и т. д.

Из всего разнообразия химических загрязнений, поступающих в природную среду, можно выделить ряд наиболее значимых, которые отличаются своей токсичностью, объемом, стойкостью:

- диоксид серы с учетом эффектов вымывания из атмосферы и попадания образующихся серной кислоты и сульфатов в почву, водоемы, на растительность;
- оксид углерода;
- оксиды азота;
- тяжелые металлы: свинец, кадмий и особенно ртуть;
- канцерогенные вещества;
- диоксины;
- пестициды, в первую очередь хлорорганические;
- ароматические углеводороды, включая фенолы;
- радионуклиды;

- отравляющие вещества всех видов и категорий;
- нефть и нефтепродукты.

По степени опасности вредные вещества делят на четыре класса в зависимости от величины **предельно допустимой концентрации (ПДК)**:

- первый - чрезвычайно опасные вещества с ПДК менее 0,1 мг/м³;
- второй - высоко опасные вещества с ПДК 0,1—1 мг/м³;
- третий - умеренно опасные вещества с ПДК 1—10 мг/м³;
- четвертый — мало опасные вещества с ПДК более 10 мг/м³.

Химические вещества органического, неорганического и элементарного происхождения в зависимости от их практического использования классифицируются на:

- 1) **промышленные яды**, используемые в производстве (органические растворители, топливо, красители);
- 2) **ядохимикаты**, используемые в сельском , хозяйстве (пестициды, инсектициды и т.п.);
- 3) **лекарственные средства**;
- 4) **бытовые химикаты**, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.п.;
- 5) **биологические растительные и животные яды**, содержащиеся в растениях и грибах, у животных и насекомых;
- 6) **отравляющие вещества** (зарин, иприт, фосген ит.п.).

Все вредные вещества оказывают токсическое действие на организм человека, которое характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируются на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, взаимодействия с биологическими средами организма, пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Степень токсичности веществ характеризуют величиной токсической дозы, т. е. количеством вещества, отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека, вызывающим

определенный токсический эффект. Различают среднесмертельные (ЛД₅₀), абсолютно смертельные (ЛД₁₀₀), минимально смертельные (ЛД₁₀) и другие дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) смерти в группе подопытных животных.

Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность данного вещества.

Яды обладают общим токсическим действием и избирательным действием.

Общее токсическое действие ядов:

- 1) **общетоксическое** (гипоксические судороги, кома, отек мозга) – алкоголь, его суррогаты, угарный газ;
- 2) **нервно-паралитическое** (удушье, судороги) – никотин, пестициды, отравляющие вещества;
- 3) **кожно-резорбтивное** (воспалительные и некротические изменения) – мышьяк, уксусная эссенция, дихлорэтан;
- 4) **удушающее** (токсический отек мозга) – окислы азота, некоторые отравляющие вещества;
- 5) **слезоточивое и раздражающее** (раздражение наружных слизистых оболочек) – пары крепких кислот и щелочей;
- 6) **психотропное** (нарушение психической активности, сознания) – наркотики, атропин;
- 7) **сенсibiliзирующее** (аллергии) – лаки, растворители, формальдегид;
- 8) **мутагенное** (нарушение генетического кода, изменение наследственной информации) – радиоактивные изотопы, свинец, марганец;
- 9) **канцерогенное** (вызывает злокачественные опухоли) – хром, никель, асбест;
- 10) **тератогенное** (влияет на репродуктивную, детородную функцию) – ртуть, свинец, стирол, борная кислота.

Три последних вида воздействия вредных веществ на человека проявляются не сразу после их действия, а в отдаленный период, иногда спустя годы.

Избирательное действие ядов:

- 1) **сердечное** с преимущественным кардио-токсическим действием (лекарственные средства, растительные яды, соли металлов);
- 2) **нервное**, вызывающее нарушение преимущественно психической активности (угарный газ, алкоголь, наркотики и т.п.);

- 3) **печеночное** (хлорированные углеводороды, фенолы, альдегиды и т.п.);
- 4) **почечное** (соединения тяжелых металлов);
- 5) **кровенное** (анилин и его производные, нитриты и т.п.);
- 6) **легочное** (оксиды азота, озон, фосген).

2.3. Тяжелые металлы

В небольших количествах некоторые металлы (медь, цинк, железо, марганец, молибден и др.) необходимы для жизнедеятельности организма. Однако увеличение их содержания выше нормы вызывает токсический эффект и представляет угрозу для здоровья. Кроме того, существует около 20 металлов, не являющихся необходимыми для функционирования организма.

Так называемые тяжелые металлы - свинец, медь, никель, ртуть, кобальт и др., находясь в состоянии рассеяния, обладают способностью постепенно концентрироваться в пищевых цепях. Среди особо опасных загрязнителей: свинец, кадмий, ртуть.

В ничтожном количестве **свинец** необходим для живых организмов. Содержание его в растениях обычно незначительно.

Техногенное рассеяние металла происходило интенсивно и было обусловлено тем, что свинец использовался в качестве добавки для улучшения бензина.

При сгорании 1 л этилированного бензина выделяется от 200 до 500 мг свинца. Имеющиеся во всем мире автомобили могут поставлять в биосферу более 2 млн. т рассеянного свинца ежегодно. Этот высокоактивный, находящийся в состоянии рассеяния, а значит, легкоподвижный свинец обогащает почву вдоль дорог. Рассеиваемый вдоль автострад свинец включается в биологический круговорот. Животные получают его, поедая траву. В человеческий организм свинец поступает через пищу (овощи, молоко, мясо) и через вдыхаемый воздух.

Свинец рассеивается не только двигателями внутреннего сгорания, но и в результате сжигания каменного угля, при добыче и обогащении руд. Он выбрасывается в атмосферу с металлургической пылью, уходит с промышленными водами.

За последние 10 лет его содержание в океанической воде Северного полушария возросло в 3 раза и еще больше - в воде прибрежных морей и заливов.

В медицине известны случаи **свинцовых отравлений**, которые происходят на металлургических предприятиях. Свинцовое отравление вызывает заболевания организма, сопровождающиеся поражением центральной и вегетативной нервной систем, нарушением обмена веществ. Кроме того, бывает медленное, незаметное отравление организма, результаты которого имеют генетические последствия.

Признаки свинцового отравления - анемия, постоянные головные боли, мышечная боль.

Кадмий - это типичный рассеянный металл, который извлекают из цинковых руд. Одновременно с производством происходит довольно значительное его рассеяние. Кроме того, кадмий рассеивается вместе с минеральными удобрениями (входит в состав суперфосфата) и фунгицидами (противогрибковыми препаратами). Кадмий добавляется в изделия из пластмассы для прочности, а также используется в составе красителей. При сжигании мусора, содержащего такие изделия, кадмий попадает в атмосферу.

В небольших количествах кадмий необходим организму (регулирует содержание сахара в крови). При больших концентрациях кадмий способен повышать кровяное давление, поражает почки, размягчает кости. Он обладает канцерогенными свойствами.

В чистой речной воде содержится ничтожное количество **ртути** - 0,1 мкг в литре, а в золе растений - менее одной миллионной процента. Годовая добыча металла составляет около 9 тыс. т. Примерно половина этого количества ежегодно рассеивается в окружающей среде: при переработке руд цветных и редких металлов, в результате сжигания каменного угля. При этом, в золе остается 10% ртути, остальное переходит в парообразное состояние. Электростанция мощностью 700 МВт, работающая на угле, каждый день выбрасывает через дымовые трубы 2,5 кг ртути.

Другой источник техногенной атмосферной ртути - цементное производство. Обжигание известняка и глинистых сланцев происходит при весьма высокой температуре - до 1500°C. Этого

достаточно, чтобы ртуть, рассеянная в осадочных породах, перешла в атмосферу.

Ртутные пары выделяются в воздух также при переработке полиметаллических руд - при производстве свинца, цинка, меди. В атмосфере ртуть адсорбируется частицами пыли, при этом ее отношение к весу пыли часто бывает 1:1. Кроме того, в атмосферу ртуть постоянно поступает с вулканическими газами при извержениях и с горячими источниками.

2.4. Пестициды в природных средах

Отравляющими нашу природную среду являются не только известные вредные вещества, но и приносящие, казалось бы, явную пользу в сельском хозяйстве - **синтетические яды** или **пестициды**.

Многочисленные синтетические яды для борьбы с вредными с точки зрения человека организмами - **пестициды** (биоциды) включают вещества различного назначения:

- **инсектициды** - для уничтожения насекомых;
 - **фунгициды** - средства против грибков;
 - **гербициды** - угнетатели сорняков и др.
- Существует несколько **типов инсектицидов**.
- борорганические инсектициды - гексахлоран, ДДТ и т. д. - обычно слабо растворимы в воде, но хорошо растворимы в растительных и животных жирах; очень устойчивы ко всем видам разложения и могут сохраняться в почве десятилетиями, аккумулируясь при систематическом применении;
 - фосфорорганические инсектициды - карбофос, фосфамид, метафос, амифос и др. - в почве и других природных средах распадаются сравнительно быстро; отличаются высокой эффективностью и избирательностью действия, весьма перспективны;
 - карбаматные инсектициды представляют собой сложные эфиры карбаминовой кислоты; отличаясь высокой токсичностью для отдельных видов насекомых, эти препараты почти полностью безвредны для теплокровных позвоночных и человека.

Попадание пестицидов в атмосферу осуществляется непосредственно при их использовании в виде газов, паров, аэрозолей или при распылении любых форм пестицидов с самолета.

Влияние пестицидов на живые организмы велико. Даже низкие концентрации ядохимикатов в природных водах ухудшают органолептические свойства воды. Накопление пестицидов в трофической цепи чрезвычайно опасно: планктон и мальки, селективно поглощающие токсиканты, сами служат пищей более крупным организмам, обитающим в водоеме. Если процесс концентрирования хлорорганических углеводов повторяется на нескольких звеньях пищевой цепи, то в конце их концентрация токсикантов может оказаться очень высокой.

В результате аккумуляции пестицидов уменьшается численность популяций некоторых видов рыб: отравление токсикантами снижает их сопротивляемость болезням, вызывает потерю теплового равновесия со средой и ухудшает способность к воспроизведению потомства.

Отмечены сотни случаев массовой гибели птиц и насекомых, а также почвенных микроорганизмов в местах интенсивно применения пестицидов.

В идеальном случае пестицид, оказав требуемое действие вредителя, должен был бы разрушиться, образовав безвредные продукты разложения. Однако большинство пестицидов представляет собой устойчивые трудноразлагаемые соединения, в которых непосредственно используется 4-5% внесенного количества, а стальная масса рассеивается в агроэкосистеме, попадая в почвы, растения и другие компоненты окружающей среды.

К сожалению, через некоторое время насекомые приспособляются к используемым препаратам, повышают устойчивость и агрессивность быстрее, чем разрабатываются новые эффективные лишь на какое-то время препараты или выводятся новые устойчивые сорта растений.

Наряду с этим человечество все чаще сталкивается с угрожающими проявлениями побочного действия пестицидов: по имеющимся данным, отравление пестицидами каждый год поражает более 2 млн. человек и уносит до 50 тыс. жизней.

2.5. Нефть и нефтепродукты

Нефть представляет собой смесь различных веществ, состоящих на 2/3 и более (в зависимости от происхождения) из углеводородов. Остальная часть - это соединения, содержащие помимо углерода и водорода, кислород, азот, серу. В составе нефти обнаруживается свыше 1000 индивидуальных органических веществ, каждое из которых может рассматриваться как самостоятельный токсикант.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющими веществами в Мировом океане.

Наибольшие потери нефти связаны с ее транспортировкой из районов добычи. К этому приводят аварийные ситуации, слив за борт танкерами промывочных и балластных вод. Большие массы нефти и нефтепродуктов поступают в моря по рекам с бытовыми и ливневыми стоками. В Мировой океан и поверхностные воды суши ежегодно привносится 15-17 млн. т нефти и нефтепродуктов.

Нефтяные загрязнения препятствуют нормальному газо- и теплообмену между атмосферой и гидросферой. В результате физических, химических и биологических процессов, протекающих под воздействием воды и солнечных лучей, нефтяные углеводороды постепенно утрачивают свои первоначальные индивидуальные свойства.

Биохимическое разложение основной массы разлитой нефти протекает очень медленно, т. к. в природе не существует какого-либо определенного вида микроорганизмов, способного разрушить все компоненты нефти.

Тяжелые фракции нефти не разлагаются и не осаждаются в морской воде. Они образуют с ней стойкие эмульсии. Со временем эмульсии коагулируют с образованием смолистых сгустков, которые плавают на поверхности воды и выбрасываются приливом на сушу, загрязняя побережья, пляжи, портовые сооружения, нарушая нормальную жизнедеятельность водных и прибрежных биоценозов.

Попадание нефти и нефтепродуктов в почву также вызывает негативные последствия. В районах нефтедобычи и нефтепереработки наблюдается интенсивная трансформация морфологиче-

ских и физико-химических свойств почв, что отрицательно сказывается на растениях. Животных и сельском хозяйстве.

2.6. Шумовое загрязнение

Загрязнение среды шумом возникает в результате недопустимого превышения естественного уровня звуковых колебаний. С экологической точки зрения в современных условиях шум не просто становится неприятным для слуха, но и приводит к серьезным физиологическим последствиям для человека.

В зависимости от слухового восприятия человека упругие колебания в диапазоне частот:

- менее 16 Гц называют инфразвуком;
- от 16 до 20000 Гц называют звуком;
- от 20000 до $1 \cdot 10^9$ - ультразвуком;
- свыше $1 \cdot 10^9$ - гиперзвуком.

Человек способен воспринимать звуковые частоты лишь в диапазоне 16-20000 Гц.

Шум как физический фактор представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение упругой среды (воздуха), носящее, как правило, беспорядочный, случайный характер. При этом источником его является любое колеблющееся тело, выведенное из устойчивого состояния внешней силой.

Естественные природные звуки на экологическом благополучии человека, как правило, не отражаются. Звуковой дискомфорт дают антропогенные источники шума, которые повышают утомляемость человека, снижают его умственные возможности, значительно понижают производительность труда, вызывают нервные перегрузки, шумовые стрессы и т. д.

Высокие уровни шума (> 60 дБ) вызывают жалобы, при 90 дБ органы слуха начинают деградировать, 110-120 дБ считается болевым порогом, а уровень антропогенного шума свыше 130 дБ - разрушительным для органа слуха пределом.

Неблагоприятно влияют на питание тканей внутренних органов и на психическую сферу человека и звуковые колебания с частотой менее 16 Гц (инфразвуки). Исследования показали, что

инфразвуки вызывают у людей состояние, аналогичное морской болезни, особенно при частоте менее 12 Гц.

Основные источники антропогенного шума - транспорт (автомобильный, рельсовый и воздушный) и технологическое оборудование промышленных предприятий (вентиляционные, компрессорные, газотурбинные установки; пневмотранспорт, двигатели внутреннего сгорания и др.).

2.7. Радиоактивное загрязнение

В больших дозах радиация может привести к тому, что клетки перестанут делиться. Может возникнуть так называемая лучевая болезнь, которая может привести к смерти. Очень сильная радиация способна полностью разрушить клетки и вызвать мгновенную гибель.

Радиация опасна и в низких дозах, т. к. может повреждать молекулы ДНК, т. е. генетический материал организма. Слабые дозы облучения, незаметно воздействуя на людей, повышают возможность возникновения у них раковых заболеваний и рождения неполноценного потомства.

Различают воздействие радиации **соматическое** и **генетическое**. **Соматическое** воздействие вызвано прямым воздействием радиации на живой организм, начиная от значительного снижения средней возможности выживания и кончая мгновенной гибелью. **Генетическое** воздействие определяет, что последствия облучения влияют на развитие и формирование половых клеток (мутагенное влияние радиации). Возникновение мутаций обусловлено изменением хромосом и химическим нарушением генетического кода. Генетически опасна доза радиации любой интенсивности.

Для **количественной характеристики** воздействия излучения человека используют единицы - биологический эквивалент рентгена (бэр) или зиверт (ЗВ): $13\text{В} = 100\text{ бэр}$. В результате внутреннего и внешнего облучения человек в течение года получает дозу 0,1 бэр (естественный фон) и, следовательно, за всю свою жизнь - около 7 бэр.

Распространенными источниками превышения естественного фона являются извлекаемые на поверхность земли

горные породы, уголь и сланцы, сырье для минеральных удобрений, строительные материалы и подземные воды, содержащие небольшие количества радиоактивных элементов. Они добавляют к фону, в зависимости от региональных особенностей, от 6 до 12 мбэр/г.

Антропогенное радиационное воздействие на окружающую среду вызвано следующими причинами:

- загрязнение атмосферы и территорий продуктами ядерных взрывов при испытаниях ядерного оружия;
- отравление воздушного бассейна выбросами пыли; загрязнение территорий шлаками, содержащими радиоактивные вещества при сжигании ископаемых топлив в котлах электростанций;
- загрязнение территорий при авариях и утечках в ядерно-топливном цикле: от добычи и обогащения урановой руды до захоронения отходов.

Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. по своим глобальным последствиям является крупнейшей экологической катастрофой в истории человечества.

Опасность радиоактивного загрязнения связана со складированием, хранением отходов АЭС и других объектов, а также с переработкой отработанного ядерного топлива.

2.8. Электромагнитное загрязнение

На протяжении миллиардов лет естественное магнитное поле Земли, являясь первичным периодическим экологическим фактором, постоянно воздействовало на состояние экосистем. В ходе эволюционного развития структурно-функциональная организация экосистем адаптировалась к естественному фону. Некоторые отклонения наблюдаются лишь в периоды повышенной солнечной активности, когда магнитное поле Земли испытывает кратковременные резкие изменения своих основных характеристик (магнитные бури), неблагоприятно отражающиеся на состоянии всех экосистем, включая и организм человека. В этот период отмечается ухудшение состояния больных, страдающих сердечно-сосудистыми, нервно-соматическими и другими заболеваниями.

Влияет магнитное поле и на животных, в особенности на птиц и насекомых.

В последнее время, в связи с широчайшим развитием электронных систем управления, передач, связи, электроэнергетических объектов, на первый план вышло **антропогенное электромагнитное загрязнение** - создание искусственных электромагнитных полей.

Основные источники этого воздействия - электромагнитные поля от линий электропередач (ЛЭП), от радиотелевизионных и радиолокационных станций.

Линии электропередач (ЛЭП) и некоторые другие энергетические установки создают электромагнитные поля промышленных частот (50 Гц) в сотни раз выше среднего уровня естественных полей. Напряженность поля (E) под ЛЭП может достигать десятков тысяч В/м.

Отрицательное воздействие электромагнитных полей на человека и на иные компоненты экосистем прямо пропорционально мощности поля и времени облучения. Неблагоприятное воздействие электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, проявляется уже при напряженности поля, равной 1000 В/м. У человека нарушаются эндокринная система, обменные процессы, функции головного и спинного мозга и др.

Воздействие неионизирующих электромагнитных излучений от радиотелевизионных и радиолокационных станций на среду обитания человека связано с формированием высокочастотной энергии. Медико-биологическое негативное воздействие электромагнитных излучений возрастает с повышением частоты, т. е. с уменьшением длины волн.

Неионизирующие электромагнитные излучения радиодиапазона от радиотелевизионных средств связи, радиолокаторов и других объектов приводят к значительным нарушениям физиологических функций человека и животных.

2.9. Биологическое загрязнение

Под **биологическим загрязнением** понимают привнесение в экосистемы в результате антропогенного воздействия нехарактерных для них видов живых организмов (бактерий, вирусов и др.),

ухудшающих условия существования естественных биотических сообществ или негативно влияющих на здоровье человека.

Основными источниками биологического воздействия являются:

- сточные воды предприятий пищевой и кожевенной промышленности;
- бытовые и промышленные свалки;
- кладбища;
- канализационная сеть;
- поля орошения и др.

Из этих источников разнообразные органические соединения и патогенные микроорганизмы попадают в почву, горные породы и подземные воды.

Особую опасность представляет биологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных и паразитарных болезней, в результате чего возможна вспышка кишечных инфекций, вирусного гепатита, холеры и др.

Особенно загрязняют среду предприятия, производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, био-концентраты и др., т. е. предприятия промышленного биосинтеза в выбросах которых присутствуют живые клетки микроорганизмов. Новая экологическая опасность создается также в связи с развитием биотехнологии и генной инженерии. При несоблюдении санитарных норм возможно попадание из лаборатории или завода в окружающую природную среду микроорганизмов и биологических веществ, оказывающих весьма вредное воздействие на биотические сообщества, здоровье человека и его генофонд.

К биологическому загрязнению можно отнести чрезмерную экспансию живых организмов. Наличие свалок, несвоевременная уборка бытовых отходов приводят к численному росту крыс, насекомых, голубей, ворон и др., которые могут являться переносчиками инфекционных заболеваний

Одним из видов биологического загрязнения окружающей природной среды является создание бактериологического (биологического) оружия, которое способно вызвать массовые инфекционные заболевания людей и животных чумой, холерой, сибирской язвой и другими болезнями, даже попадая в их организм в ничтожно малых количествах.

Предупреждение, своевременное выявление, локализация и устранение биологического загрязнения достигаются комплексными мерами, связанными с противоэпидемической защитой населения. В число мер входят санитарная охрана территории, введение в необходимых случаях карантина, постоянный эпидемиологический надзор за циркуляцией вирусов, эколого-эпидемиологические наблюдения, слежение и контроль за очагами опасных вирусных инфекций.

ЛЕКЦИЯ № 3

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

3.1. Антропогенное воздействие на атмосферу

3.1.1. Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха

Под загрязнением атмосферного воздуха следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем.

Загрязнение атмосферы может быть:

- естественным (природным), вызванным природными процессами (вулканической деятельностью, выветриванием горных пород, ветровой эрозией, массовым цветением растений, дымом от лесных и степных пожаров);
- антропогенным, связанным с выбросом различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека.

По своим масштабам антропогенное загрязнение значительно превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха.

В зависимости от масштабов распространения выделяют различные типы загрязнения атмосферы:

- местное, характеризующееся повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях (город, промышленный район, сельскохозяйственная зона и др.);
- региональное - в сферу негативного воздействия вовлекаются значительные пространства, но не вся планета;
- глобальное, связанное с изменением состояния атмосферы в целом, приводящее к постепенному накоплению климатических и экологических изменений планетарного масштаба.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются на:

- газообразные - диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.;
- жидкие - кислоты, щелочи, растворы солей и др.;
- твердые - канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и пр.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются следующие отрасли:

- теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.),
- автотранспорт,
- предприятия черной и цветной металлургии,
- машиностроение,
- производство стройматериалов,
- химическая и нефтехимическая промышленность.

В России основное загрязнение атмосферы создают ряд отраслей промышленности, автотранспорт и теплоэнергетика. Их участие в загрязнении атмосферы распределяется следующим образом: черная и цветная металлургия, нефтедобыча и нефтехимия, предприятия стройматериалов, химическая промышленность – 30%; автотранспорт – 40%; теплоэнергетика - 30%.

В США загрязнение атмосферы вредными веществами создают: транспортные средства – 50%; теплоэлектростанции – 20%; промышленные предприятия – 15%; установки для сжигания твердых отходов – 5%; прочие – 10%.

Основной загрязнитель атмосферы - транспорт, особенно автомобильный. На долю автомобилей приходится 25% сжигаемого топлива, один автомобиль за время своего существования выбрасывает до 10 т CO_2 (всего в мире почти 1 млрд. автомобилей).

Главные загрязнители атмосферного воздуха, образующиеся в процессе производственной и иной деятельности человека, - диоксид серы (SO_2), диоксид (CO_2) и оксид углерода (CO), твердые частицы, на долю которых приходится около 98% в объеме выбросов вредных веществ. Их концентрации наиболее часто превышают допустимые уровни во многих городах РФ.

В таблице 3.1 представлены данные по выбросам в атмосферу пяти главных загрязнителей в мире и в России.

Помимо главных загрязнителей, в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ (формальдегид, фтористый водород, соединения свинца, аммиак, фенол, бензол, сероуглерод, бензин, спирты, эфиры и др.).

Кроме прямого токсического действия, загрязнители являются участниками разнообразных реакций в атмосфере, приводящих к образованию вторичных продуктов, иногда еще более токсичных. Диоксид серы, образующийся в больших количествах при сжигании сернистого топлива (угля, мазута, газа), во влажной атмосфере легко превращается в сернистую кислоту - основное действующее вещество кислотных дождей. Действие кислотных дождей усиливают и окислы азота, которые, превращаясь в азотистую и азотную кислоту, участвуют вместе с парами бензина и топливной копотью в образовании фотохимических оксидантов и ядовитого смога.

Таблица 3.1
Выбросы в атмосферу пяти главных загрязнителей в мире и в России, млн. т в год (1990-2000 гг.)

Загрязнители	Весь мир		Россия	
	Стационарные источники	Транспорт	Стационарные источники	Транспорт
Твердые частицы	52	38	7,12→3,08	0,15
Окись углерода	178	212	8,13→4,65	9,32
Диоксид серы	93	10	9,43→5,97	0,39
Окислы азота	60	26	3,03→1,75	2,39
Углеводороды	14	54	0,94→0,31	1,36

Уменьшение выбросов в России от стационарных источников произошло из-за резкого сокращения объемов производства в период с 1990 года по 2000 год.

Криогидраты, образующиеся в атмосфере при работе авиационных и ракетных двигателей, и летучие хлорфторуглероды (фреоны) взаимодействуют с озоном, уменьшая его содержание в верхних слоях атмосферы.

Загрязнение атмосферы вредными веществами (ВВ) вызывает рак легких, горла и кожи, расстройство центральной нервной системы, аллергические заболевания, свинцовые отравления; при этом возможен летальный исход. Объем выбросов ВВ в атмосферу чрезвычайно велик, в частности ежегодно выбрасывается примерно 150 млн. т твердых веществ, 400 млн. т оксида углерода, 100 млн. т оксидов азота.

Наибольшая загрязненность в индустриальных регионах: около 90% выбросов ВВ приходится на 10% территории суши (Северная Америка, Европа, Восточная Азия), особенно на крупные города, где по многим ВВ превышены предельно допустимые концентрации.

Примерно 20% человечества дышит воздухом, в котором концентрация ВВ превышает ПДК (ПДК - предельно допустимая концентрация ВВ в воздухе, не влияющая на здоровье человека).

Наиболее опасное загрязнение атмосферы - **радиоактивное**. В настоящее время оно обусловлено в основном глобально распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами.

Еще одной формой загрязнения атмосферы является локальное избыточное поступление тепла от антропогенных источников. Признаком теплового (термического) загрязнения атмосферы служат так называемые термические зоны в городах.

К важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся:

- возможное потепление климата ("парниковый эффект");
- образование смога
- нарушение озонового слоя;
- выпадение кислотных дождей.

3.1.2. Смог и фотохимический туман

Ядовитая смесь дыма, тумана, пыли называется **смогом**. Различают два типа смога: зимний смог (лондонского типа) и летний смог (лос-анджелесского типа).

Лондонский смог (смесь дыма и тумана) в 1952 г. за 3-4 дня погубил более 4 тыс. человек. Сам по себе туман не опасен для человеческого организма. Он становится вредным, когда чрезвычайно загрязнен токсическими примесями. В Лондоне в эти дни было обнаружено, что смертность увеличивается прямо пропорционально концентрации в воздухе дыма и сернистого газа.

Смог наблюдается лишь в осенне-зимнее время (с октября по февраль). В настоящее время это метеорологическое явление называют смогом лондонского типа, главным действующим компонентом которого является сернистый газ в сочетании с аэрозолем серной кислоты. При вдыхании этой смеси сернистый газ достигает легочных альвеол (ткани легких) и вредно на них действует. В смоге лондонского типа практически не образуется каких-либо новых веществ, а его токсичность целиком зависит от исходных загрязнителей, и возникает он в результате сжигания больших количеств топлива.

Лос-анджелесский смог (фотохимический туман) представляет собой сухой туман с влажностью около 70%, для возникновения которого необходим солнечный свет, вызывающий сложные фотохимические превращения в смеси углеводородов и окислов азота автомобильных выбросов. Лос-анджелесский смог формируется в теплое время года, как правило, летом в жаркие дни.

В фотохимическом тумане лос-анджелесского типа в ходе фотохимических реакций образуются новые вещества (фотооксиданты, озон, нитриты и др.), значительно превышающие по своей токсичности исходные атмосферные загрязнения.

Фотохимический туман образуется при значительно меньших выбросах в атмосферу по сравнению с лондонским смогом, и для него более характерны желто-зеленая или сизая сухая дымка, а не сплошной туман. Основной причиной фотохимического тумана являются выхлопные газы автомобилей.

При фотохимическом тумане, как и при лондонском смоге, появляется неприятный запах, резко ухудшается видимость. У людей воспаляются глаза, слизистые оболочки носа и горла, отмечаются симптомы удушья, обострение легочных и различных хронических заболеваний.

Погибают при этом и домашние животные, главным образом собаки и птицы. Повреждает фотохимический туман и растения, особенно салатные культуры, бобы, свеклу, злаки, виноград, декоративные насаждения.

3.1.3. Кислотные дожди

Термин "кислотные дожди" был введен английским химиком Г.Э. Смитом более 100 лет назад. В 1911 г. в Норвегии зафиксировали случаи гибели рыб в результате подкисления

природной воды. Однако только в конце 60-х гг., когда аналогичные случаи в Швеции Канаде, США привлекли внимание общественности, возникло подозрение, что причина - дождь с высоким содержанием серной кислоты.

Кислотные дожди - это атмосферные осадки (дождь, снег) с рН менее 5,6 (повышенной кислотностью).

Образуются кислотные дожди при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты. В результате дождь и снег оказываются подкисленными. Максимальная зарегистрированная кислотность осадков в Западной Европе - рН = 2,3.

Опасность представляют, как правило, не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы. Кислотные дожди вымывают биогены из почвы. Частицы гумуса и глины обычно заряжены отрицательно и удерживают такие положительные ионы, как Ca^{2+} , K^+ , NH^+ . Просачивающаяся кислота уносит биогенные ионы, т. к. их вытесняет ионы водорода.

Под действием кислотных осадков из почвы **выщелачиваются** не только жизненно необходимые растениям питательные вещества, но и токсичные тяжелые и легкие металлы - свинец, кадмий, алюминий и др. Впоследствии они сами или образующиеся токсичные соединения усваиваются растениями и другими почвенными организмами, что ведет к весьма негативным последствиям. Например, возрастание в подкисленной воде содержания алюминия всего лишь до 0,2 мг на один литр летально для рыб, а токсичность тяжелых металлов (кадмия, свинца и др.) проявляется в еще большей степени.

Воздействие кислотных дождей и других загрязнителей снижает устойчивость лесов к засухам, болезням, природным загрязнениям, что приводит к еще более выраженной их деградации как природных экосистем.

Ярким примером негативного воздействия кислотных осадков на природные экосистемы является **закисление озер**. Особенно интенсивно оно происходит в Канаде, Швеции, Норвегии и на юге Финляндии. Объясняется это тем, что:

- значительная часть выбросов серы в США, ФРГ и Великобритании, выпадает именно на этих территориях;

- коренные породы, слагающие ложе озер, обычно представлены гранитогнейсами и гранитами, не способными нейтрализовать кислотные осадки, в отличие, например, от известняков, которые создают щелочную среду и препятствуют закислению.

Закисление озер опасно не только для популяций различных видов рыб, но влечет за собой постепенную гибель планктона, многочисленных видов водорослей и других обитателей водоемов. Озера становятся практически безжизненными.

В нашей стране отмечены случаи закисления озер в Карелии. Повышенная кислотность осадков наблюдается вдоль западной границы и на территории ряда крупных промышленных районов, а также на побережье Таймыра и Якутии.

3.1.4. Возможное потепление климата ("парниковый эффект")

В настоящее время наблюдается **глобальное изменение климата**, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры начиная со второй половины XX в. Некоторые эксперты считают, что наблюдающееся в последнее столетие потепление климата обусловлено преимущественно природной изменчивостью ряда климатических факторов. Большинство же ученых связывают его с накоплениями в атмосфере так называемых "парниковых газов" - диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), хлорфторуглеродов (фреонов), озона (O_3), оксидов азота и др.

Парниковые газы, и в первую очередь CO_2 , препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли. Атмосфера, насыщенная парниковыми газами, действует как крыша теплицы. Она, с одной стороны, пропускает внутрь большую часть солнечного излучения, с другой - почти не пропускает наружу тепло, излучаемое Землей.

Концентрация парниковых газов в атмосфере постоянно увеличивается:

- в связи с сжиганием человеком все большего количества ископаемого топлива: нефти, газа, угля и др. (ежегодно более 9 млрд. т условного топлива);
- за счет выбросов в атмосферу при промышленном производстве и в быту фреонов (хлорфторуглеродов);

- за счет выбросов метана (содержание которого увеличивается на 1-1,5% в год) из подземных горных выработок, сжигания биомассы, выделения крупным рогатым скотом и др.

Следствием увеличения концентраций этих газов, создающих "парниковый эффект", является рост средней глобальной температуры воздуха у земной поверхности. Расчеты некоторых ученых показывают что к 2100 году температура на Земле увеличится на 2-4°C. Масштабы потепления за этот относительно короткий срок будут сопоставимы с потеплением, произошедшим на Земле после ледникового периода. Значит, экологические последствия могут быть катастрофическими. В первую очередь это связано с предполагаемым повышением уровня Мирового океана, вследствие таяния полярных льдов, сокращения площадей горного оледенения и т. д

Повышение уровня океана всего лишь на 0,5—2,0 м к концу XXI в., как прогнозируют ученые, неизбежно приведет к нарушению климатического равновесия, затоплению приморских равнин более чем в 30 странах, заболачиванию обширных территорий и к другим неблагоприятным последствиям.

Однако ряд ученых видят в предполагаемом глобальном потеплении климата и **положительные экологические последствия**, в частности, по их мнению, увеличится продуктивность как естественных фитоценозов (лесов, лугов, саванн и др.), так и агроценозов (культурных растений, садов, виноградников и др.).

3.1.5. Нарушение озонового слоя

Слой озона, или **озоновый экран** расположен на высоте около 25-45 км. Этот экран предназначен защищать все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения. Живые организмы весьма уязвимы для ультрафиолетового излучения, и энергии даже одного фотона из этих лучей достаточно, чтобы разрушить химические связи в большинстве органических молекул. Озон в стратосфере поглощает больше 99% ультрафиолетового излучения, идущего от Солнца.

Поэтому в районах с пониженным содержанием озона многочисленны солнечные ожоги, наблюдается увеличение заболевания людей раком кожи и др. Установлено также, что растения под влиянием сильного ультрафиолетового излучения

постепенно теряют свою способность к фотосинтезу, а нарушение жизнедеятельности планктона приводит к разрыву трофических цепей биоты водных экосистем и т. д.

Насыщенность атмосферы озоном постоянно меняется в любой части планеты, достигая максимума весной в приполярной области.

Впервые истощение озонового слоя привлекло внимание широкой общественности в 1985 г., когда над Антарктидой было обнаружено пространство с пониженным (до 50%) содержанием озона, по площади соизмеримое с континентальной частью США, получившее название "**озоновой дыры**".

Позднее блуждающие "озоновые дыры", меньшие по площади и не с таким значительным снижением содержания озона, стали наблюдаться в зимнее время и в Северном полушарии, над Гренландией, северной Канадой и Якутией. Результаты измерений подтверждают повсеместное уменьшение озонового слоя практически на всей планете.

Еще до конца не установлено, каковы же основные процессы, нарушающие озоновый слой. Выдвинут ряд гипотез, как о естественном, так и о техногенном происхождении "озоновых дыр".

Естественное происхождение "озоновых дыр" одни видят в естественной изменчивости озоносферы, циклической активности Солнца; другие связывают эти процессы с дегазацией Земли.

Техногенное происхождение "озоновых дыр" объясняют попаданием в верхние слои атмосферы техногенного хлора, фтора и других атомов и радикалов, способных активно присоединять атомарный кислород, тем самым, конкурируя с реакцией: $O + O_2 = O_3$.

В частности некоторые считают, что проблему озоновых дыр порождает использование фреонов. **Фреоны** - галогенизированные углеводороды, смешанные хлорофториды метана и этана. Фреоны широко применяются в промышленном производстве и в быту (хладагенты в холодильниках и кондиционерах, растворители, распылители, аэрозольные упаковки). Фреоны сами по себе не токсичны, инертны, весьма стойки. За счет турбулентных движений с потоком воздух они попадают в стратосферу, где распадаются под действием солнечного ультрафиолетового излучения с образованием свободного хлора.

Атомы хлора не сразу вступают в цепную реакцию разрушения озона. Они реагируют с озоном, образуя оксид хлора. Радикалы оксида хлора реагируют друг с другом с образованием относительно стабильного димера ClO—OC1 , молекулы которого висят в воздухе, дожидаясь возвращения Солнца. Когда наступает антарктическая весна и становится светло солнечная радиация разрушает димер, освобождая чрезвычайно реакционноспособный хлор, который начинает взаимодействовать с озоном. Концентрация озона в течение нескольких недель резко падает. По некоторым оценкам, исчезает более 97% озона.

Вернувшееся солнечное тепло постепенно рассеивает вихрь вокруг полюса, позволяя южному полярному воздуху снова перемешиваться. Обедненный озоном воздух рассеивается по всему земному шару, и уровень озона над Антарктидой становится почти нормальным.

В 1987 г. был принят **Монреальский протокол о запрете веществ, разрушающих озоновый слой**. В приложении к нему был дан перечень озоноразрушающих веществ (ОРВ), в т. ч. хлорфторуглеродов и бромфторуглеродов. Монреальский протокол наложил обязательства ограничить потребление, производство, импорт и экспорт ОРВ.

К факторам, также разрушающим озоновый слой, относят:

- запуски мощных ракет;
- полеты реактивных самолетов в высокие слои атмосферы;
- испытания ядерного и термоядерного оружия;
- пожары и вырубка леса - природного озонатора.

3.2. Загрязнение атмосферы выбросами машиностроительных предприятий

Современное машиностроение развивается на базе крупных производственных объединений, включающих заготовительные и кузнечно-прессовые цехи, цехи термической и механической обработки металлов, цехи покрытий и крупное литейное производство. В состав предприятий также входят испытательные станции, ТЭЦ и вспомогательные подразделения. В процессе производства машин и оборудования широко используют сварочные работы, механическую обработку металлов, переработку неметаллических материалов, лакокрасочные операции и т. п.

3.2.1. Литейные цехи

Наиболее крупными источниками пыле- и газовойдыделения в атмосферу в литейных цехах являются: вагранки, электродуговые и индукционные печи, участки складирования, переработки шихты и формовочных материалов, участки выбивки и очистки литья.

При выплавке 1 т металла в открытых чугунолитейных вагранках выделяется 900-1200 м³ колошникового газа, содержащего оксиды углерода, серы и азота, пары масел, пыль и др.

Параметры и состав газов, отходящих от открытых чугунолитейных вагранок, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Параметры и состав газов, отходящих от открытых чугунолитейных вагранок [10]

Производительность вагранки, т/ч	Расход дутья, м ³ /ч	Расход колошниковых газов, м ³ /ч	Температура колошниковых газов, °С	Расход отходящих газов, м ³ /ч	Выбросы, кг/ч			
					пыль	СО	SO _x	NO _x
3	2 850	2 500	160	7 500	26	190	5	0,15
5	4 800	4 250	180	11 500	50	370	8	0,3
7	6 700	6 250	200	15 000	74	480	11	0,45

10	9 600	9 500	250	21 000	100	680	12,5	0,8
15	14 400	13 800	260	30 000	150	920	17	1,2
20	19 200	18 500	280	38 000	210	1050	20	1,8

Химический состав ваграночной пыли зависит от условий металлозавалки, топлива, условий работы. Дисперсионный состав (в среднем): при горячем дутье 20 мкм, при холодном - 70 мкм.

В закрытых чугунолитейных вагранках производительностью 5-10 т/ч на 1 т выплавляемого чугуна выделяется 11-13 кг пыли, 190-200 кг оксида углерода, 0,4 кг диоксида серы, 0,7 кг углеводородов.

В таблице 3.3 приведены выбросы загрязняющих веществ электродуговыми печами при выплавке стали. Конкретный состав пыли зависит от марки выплавляемой стали.

Таблица 3.3

Параметры и состав выбросов электродуговыми печами при выплавке стали [10]

Емкость печи, т	Производительность печи, т/ч	Выбросы, кг/ч		
		пыль	СО	NO _x
0,5	0,33	9,9	1,4	0,27
1,5	0,94	9,8	1,2	0,26
5	2,00	9,4	1,3	0,26
10	3,00	8,8	1,4	0,27
20	5,90	8,1	1,5	0,29
50	11,40	6,9	1,4	0,28
100	21,00	6,6	1,5	0,29

По сравнению с электродуговыми печами, при выплавке стали в индукционных печах выделяется незначительное количество газов и в 5-6 раз меньше пыли.

Под действием тепла от жидкого металла из формовочной смеси выделяются бензол, фенол, формальдегид, метанол и другие токсичные вещества, количество которых зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и ряда других факторов.

На участках выбивки литья на 1 м² площади решетки выделяется до 45-60 кг/ч пыли, 5-6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака.

Работа пескоструйных и дробеструйных камер, очистных барабанов и столов на участках очистки и обрубки литья сопровождается интенсивным выделением пыли со средним размером 20-60 мкм. Концентрация пыли в воздухе, отводимом от камер и барабанов, составляет 2-15 мг/м³.

Значительное количество газов и пыли, на 35-50% состоящей из диоксида кремния, выделяется в атмосферу участками литейных цехов по приготовлению, переработке и использованию шихты и формовочных материалов.

При изготовлении стержней из холоднотвердеющей смеси происходит интенсивное выделение вредных веществ, которое зависит от состава связующего вещества.

3.2.2. Кузнечно-прессовые и прокатные цехи

В кузнечно-прессовых и прокатных цехах в процессах нагрева и обработки металла выделяются пыль, кислотный и масляный аэрозоль (туман), оксид углерода, диоксид серы и др.

В прокатных цехах пыль образуется главным образом в результате измельчения окалины валками, при этом ~20% пыли имеет размер частиц менее 10 мкм. Выброс пыли из цеха составляет в среднем 200 г на 1 т товарного проката. Если в процессе проката применяется огневая зачистка поверхности заготовки, то выход пыли возрастает до 500-2000 г/т. При этом в процессе сгорания поверхностного слоя металла образуется большое количество мелкодисперсной пыли, состоящей на 75—90% из оксидов железа.

Для удаления окалины с поверхности горячекатаной полосы применяют травление в серной или соляной кислоте. Суммарное количество воздуха, отсасываемого из агрегата непрерывного травления, составляет 14 000-18 000 м³/ч, а среднее содержание кислоты в удаляемом воздухе достигает 2,5-2,7 г/м³. Если для очистки воздуха от кислот применяют высокоэффективные пенные аппараты, то и в этом случае содержание кислот в воздухе после его очистки составляет 0,05 г/м³.

Вентиляцией кузнечно-прессового цеха в атмосферу выбрасываются оксиды углерода и азота, диоксид серы. От пролетов с молотами выбросы оксида углерода на 1 т топлива составляют 7 кг/т (газ или мазут), диоксида серы — 5,2 кг/т (мазут);

от пролетов с прессами и ковочными машинами — соответственно 3 и 2,2 кг/т.

3.2.3. Термические цехи

Вентиляционный воздух, выбрасываемый из термических цехов, загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, цианистым водородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений в термических цехах являются также нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные камеры. Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2—7 г/м³.

При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч цианистого водорода на один агрегат цианирования.

3.2.4. Гальванические цехи

В воздухе, удаляемом из гальванических цехов, вредные вещества находятся в виде пыли, тонкодисперсного тумана, паров и газов. Наиболее интенсивно вредные вещества выделяются в процессах кислотного и щелочного травления.

При нанесении гальванических покрытий (воронение, фосфатирование, анодирование и т. п.) образуются различные вредные вещества. Например, при фосфатировании изделий выделяется фтористый водород, концентрация которого в отводимом воздухе достигает 1,2-15 г/м³. При проведении подготовительных операций в гальванических цехах (механическая очистка и обезжиривание поверхностей) выделяются пыль, пары бензина, керосина, трихлорэтилена, туманы щелочей.

3.2.5. Цехи механической обработки

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений.

Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, состоит на 30-40% из материала абразивного круга, на 60-70% из

материала обрабатываемого изделия. Количество выделяющейся пыли зависит от размеров и твердости обрабатываемого материала, диаметра и окружной скорости круга, а также способа подачи изделия.

Пыль заточных станков инструментального цеха имеет частицы неправильной формы различного дисперсного состава. Средний размер пыли 38 мкм, плотность материала частиц пыли 4,23 г/см³.

Значительное выделение пыли наблюдается при механической обработке древесины, стеклопластиков, графита и других неметаллических материалов.

При механической обработке полимерных материалов одновременно с пылеобразованием могут выделяться пары различных химических веществ и соединений (фенол, формальдегид, стирол и др.), входящих в состав обрабатываемых материалов.

3.2.6. Цехи производства неметаллических материалов

В машиностроении широкое применение находят стеклопластики, которые содержат стекловолоконный наполнитель и связующие смолы (ненасыщенные полиэфирные, фенолоформальдегидные, эпоксидные). При формировании и полимеризации происходит выделение вредных паров веществ.

Особенно много вредных выбросов происходит в процессе производства пластмасс, синтетических волокон и т. п.

3.2.7. Сварочные цехи

На участках сварки и резки металлов состав и масса выделяющихся вредных веществ зависит от вида и режимов технологического процесса, свойств применяемых сварочных и свариваемых материалов.

Наибольшие выделения вредных веществ характерны для процесса ручной электродуговой сварки покрытыми электродами. При расходе 1 кг электродов в процессе ручной дуговой сварки стали образуется до 40 г пыли, 2 г фтористого водорода, 1,5 г оксидов углерода и азота. В процессе сварки чугунов - до 45 г пыли и 1,9 г фтористого водорода.

При полуавтоматической и автоматической сварке (в защитной среде и без нее) общая масса выделяемых вредных веществ меньше в 1,5-2 раза, а при сварке под флюсом - в 4-6 раз.

Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером от 10^{-3} до 1 мкм, около 1% пыли имеет размер частиц 1-5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов.

Газовая и плазменная резка металлов также сопровождается выделением пыли и вредных газов. В таблице 3.4 приведены сведения о валовом выделении вредных веществ при резке металлов в пересчете на 1 м разреза. Химический состав пыли определяется главным образом маркой разрезаемого материала. При резке обычно выделяются токсичные соединения хрома и никеля, марганец, вредные газы - CO, NO_x, а при плазменной резке образуется еще и озон.

Таблица 3.4
Выделение вредных веществ в процессе резки металлов

Процесс резки и марка металла	Толщина разрезаемого металла, мм	Пыль, г/м	Газы, г/м	
			CO	NO _x
Газовая резка стали 45Г17ЮЗ	5	2,5	1,4	1,1
	20	10,0	2,7	2,2
Газовая резка сплавов титана	4	5,0	1,0	0,5
	30	36,0	2,7	1,5
Плазменная резка сплава АМГ	8	2,5	0,6	2,5
	80	6,0	1,8	8,0
Плазменная резка стали 09Г2	14	5,0	2,0	10,0
	20	10,0	2,5	14,0

Участки пайки и лужения. В вентиляционный воздух на участках пайки и лужения выделяются токсичные газы (оксид углерода, фтористый водород), аэрозоли (свинец и его соединения) и т. п.

3.2.8. Окрасочные цехи

Токсичные вещества в окрасочных цехах выделяются в процессах обезжиривания поверхностей органическими растворителями перед окраской, при подготовке лакокрасочных материалов, при их нанесении на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того,— окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль.

При обезжиривании изделий перед окраской в вентиляционные выбросы за счет испарения с поверхности зеркала ванны поступают пары углеводородов: бензин, керосин, уайт-спирит.

Концентрации вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависят от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах окрасочных цехов могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 г/м^3) и пары растворителей (до 10 г/м^3).

Массу паров растворителей и аэрозолей, выбрасываемых в атмосферу от окрасочного и сушильного оборудования, можно определить по соответствующим формулам [Белов].

3.3. Загрязнение атмосферы при эксплуатации энергетических установок

Наибольшие загрязнения атмосферного воздуха поступают от энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, уголь, природный газ и др.). Количество загрязнений определяется составом, объемом сжигаемого топлива и организацией процесса сгорания.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспортные средства с двигателями **внутреннего сгорания (ДВС)** и **тепловые электрические станции (ТЭС)**. Доля загрязнений атмосферы от **газотурбинных двигательных установок (ГТДУ)** и **ракетных двигателей (РД)** пока

незначительна, поскольку их применение в городах и крупных промышленных центрах ограничено. В местах активного использования ГТДУ и РД (аэродромы, испытательные станции, стартовые площадки) загрязнения, поступающие в атмосферу от этих источников, сопоставимы с загрязнениями от ДВС и ТЭС, обслуживающих эти объекты.

Основные компоненты, выбрасываемые в атмосферу при сжигании различных видов топлива в энергоустановках, - нетоксичные диоксид углерода CO_2 и водяной пар H_2O . Однако кроме них в атмосферу выбрасываются и вредные вещества, такие, как оксид углерода, оксиды серы, азота, соединения свинца, сажа, углеводороды, в том числе канцерогенный бенз(а)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$, несгоревшие частицы твердого топлива и т. п.

Тепловые электростанции. При сжигании твердого топлива в котлах ТЭС образуется большое количество золы, диоксида серы, оксидов азота (рис.3.1).

Дымовые газы, образующиеся при сжигании мазута, содержат оксиды азота, соединения ванадия и натрия, газообразные и твердые продукты неполного сгорания.

При сжигании природного (неочищенного) газа в дымовых выбросах также содержатся оксид серы и оксиды азота. Следует отметить, что наибольшее количество оксидов азота образуется при сжигании жидкого топлива.

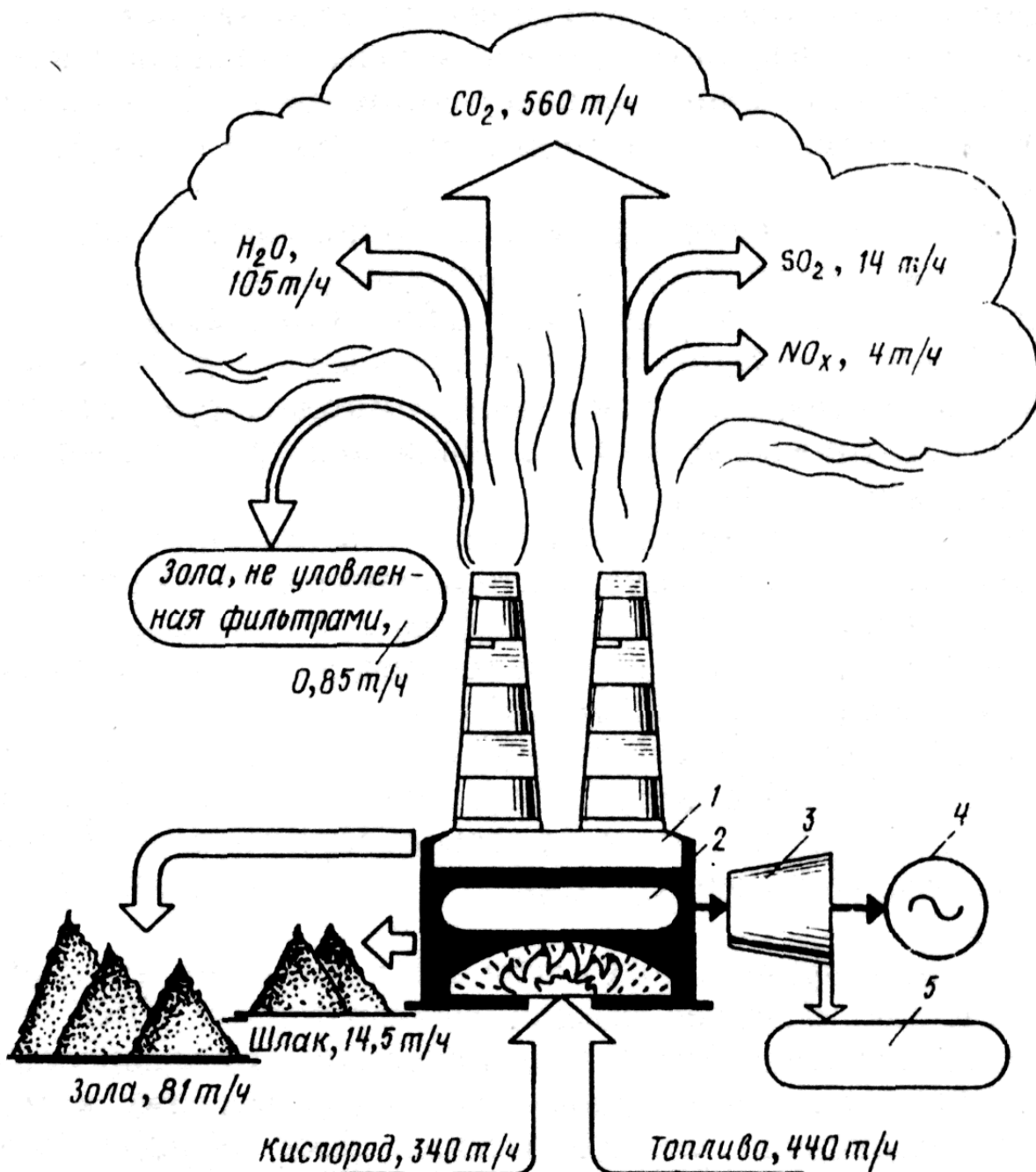


Рис.3.1. Материальный баланс современной угольной ТЭС мощностью 1000 МВт с эффективностью очистки 0,99
1 – электрофильтр, 2 – парогенератор, 3 – турбина, 4 – генератор, 5 – конденсатор

Автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферы. Количество автомашин непрерывно возрастает (в 2000 году численность мирового автомобильного парка превысила 520 млн. штук), а вместе с этим растет валовой выброс вредных продуктов в атмосферу.

Токсичными выбросами ДВС являются отработавшие и картерные газы, пары топлива из карбюратора и топливного бака.

Исследования показали, что наибольшей токсичностью обладает выхлоп карбюраторных ДВС за счет большего выброса CO , NO_x , C_nH_m и др.

Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи, обладая высокой адсорбционной способностью, несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных.

Состав отработавших газов ДВС зависит от режима работы двигателя. У двигателя, работающего на бензине, при неустановившихся режимах (разгон, торможение) нарушаются процессы смесеобразования, что способствует повышенному выделению токсичных продуктов.

В дизельных двигателях с уменьшением нагрузки состав горючей смеси обедняется, поэтому содержание токсичных компонентов в отработавших газах при малой нагрузке уменьшается.

Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработавших газов, зависит от общего технического состояния автомобилей и особенно от двигателя — источника наибольшего загрязнения. Так, при нарушении регулировки карбюратора выбросы CO увеличиваются в 4-5 раз.

Применение этилированного бензина, имеющего в своем составе соединения свинца, вызывает загрязнение атмосферного воздуха весьма токсичными соединениями свинца. Один грузовой автомобиль средней грузоподъемности выделяет 2,5-3 кг свинца в год.

Исключить поступление высокотоксичных соединений свинца в атмосферу можно заменой этилированного бензина на неэтилированный.

Мировым парком автомобилей с ДВС ежегодно в атмосферу выбрасывается: оксида углерода - 260 млн. т; летучих углеводородов - 40 млн. т; оксидов азота - 20 млн. т.

Выхлопные газы ГТДУ содержат, как CO , NO_x , углеводороды, сажу, альдегиды и др. Суммарный выброс токсичных веществ в атмосферу самолетами с ГТДУ непрерывно растет, что обусловлено повышением расходов топлива до 20—30 т/ч и неуклонным ростом числа эксплуатируемых самолетов (около 7500 крупных самолетов).

Загрязнение воздушной среды транспортом с **ракетными двигательными установками** происходит главным образом при их работе перед стартом, при взлете и посадке, при наземных испытаниях в процессе их производства или после ремонта; при хранении и транспортировке топлива, а также при заправке топливом летательных аппаратов.

При старте и возвращении на Землю ракетные двигатели неблагоприятно воздействуют не только на приземный слой атмосферы, но и на космическое пространство, разрушая озоновый слой Земли.

В связи с развитием авиации и ракетной техники, а также интенсивным использованием авиационных и ракетных двигателей в других отраслях народного хозяйства существенно возрос их общий выброс вредных примесей в атмосферу. Однако на долю этих двигателей приходится пока не более 5% токсичных веществ, поступающих в атмосферу от транспортных средств всех типов.

ЛЕКЦИЯ № 4-5

3. 4. Методы и средства защиты атмосферы

3.4.1. Основные методы защиты атмосферы от химических примесей

Все известные методы и средства защиты атмосферы от химических примесей можно условно разделить на три группы:

- мероприятия, направленные на снижение мощности выбросов, т.е. уменьшение количества выбрасываемого вещества в единицу времени;
- мероприятия, направленные на защиту атмосферы путем обработки и нейтрализации вредных выбросов специальными системами очистки;
- мероприятия по нормированию выбросов как на отдельных предприятиях и устройствах, так и в регионе в целом.

Для снижения мощности выбросов химических примесей в атмосферу наиболее широко используют:

- замену менее экологичных видов топлива более экологичными;
- сжигание топлива по специальной технологии;
- создание замкнутых производственных циклов.

В первом случае применяют топливо с более низким баллом загрязнения атмосферы. При сжигании различных топлив такие показатели, как зольность, количество диоксида серы и оксидов азота в выбросах, могут сильно различаться, поэтому введен суммарный показатель загрязнения атмосферы в баллах, который отражает степень вредного воздействия на человека. Так, для сланцев он равен 3,16, подмосковного угля - 2,02, экибастузского угля - 1,85, березовского угля - 0,50, природного газа - 0,04.

Сжигание топлива по особой технологии осуществляется либо в кипящем слое, либо предварительной их газификацией, либо с дожиганием топочных газов, либо с турбонаддувом.

Для уменьшения мощности выброса серы твердое, порошкообразное или жидкое топливо сжигают в кипящем слое, который формируется из твердых частиц золы, песка или других веществ

(инертных или реакционно-способных). Твердые частицы вдуваются в проходящие газы, где они завихряются, интенсивно перемешиваются и образуют принудительно равновесный поток, который в целом обладает свойствами жидкости.

Предварительной газификации подвергаются уголь и нефтяные топлива, однако на практике чаще всего применяют газификацию угля. Поскольку в энергетических установках получаемый и отходящий газы могут быть эффективно очищены, то концентрации диоксида серы и твердых частиц в их выбросах будут минимальными.

Одним из перспективных способов защиты атмосферы от химических примесей является внедрение замкнутых производственных процессов, которые сводят к минимуму выбрасываемые в атмосферу отходы, вторично используя их и потребляя, т.е. превращая в новые продукты.

3.4.2. Рассеивание выбросов в атмосфере

Средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие вредных веществ в воздухе среды обитания человека на уровне не выше **предельно допустимой концентрации (ПДК)**.

Для соблюдения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест устанавливают **предельно допустимый выброс (ПДВ)** вредных веществ из систем вытяжной вентиляции, различных технологических и энергетических установок. Предельно допустимые выбросы ГТДУ самолетов гражданской авиации определены **ГОСТ 17.2.2.04—86**, выбросы автомобилей с ДВС—**ГОСТ 17.2.2.03—87** и рядом других.

В соответствии с требованиями **ГОСТ 17.2.3.02—78** для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается ПДВ вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками (с учетом перспективы их развития) не создадут приземную концентрацию, превышающую ПДК.

Технологические газы и вентиляционный воздух после выхода из труб или вентиляционных устройств рассеивается в атмосфере. На рис. 3.2 показано распределение концентрации вредных веществ в атмосфере под факелом организованного высокого источника выброса.

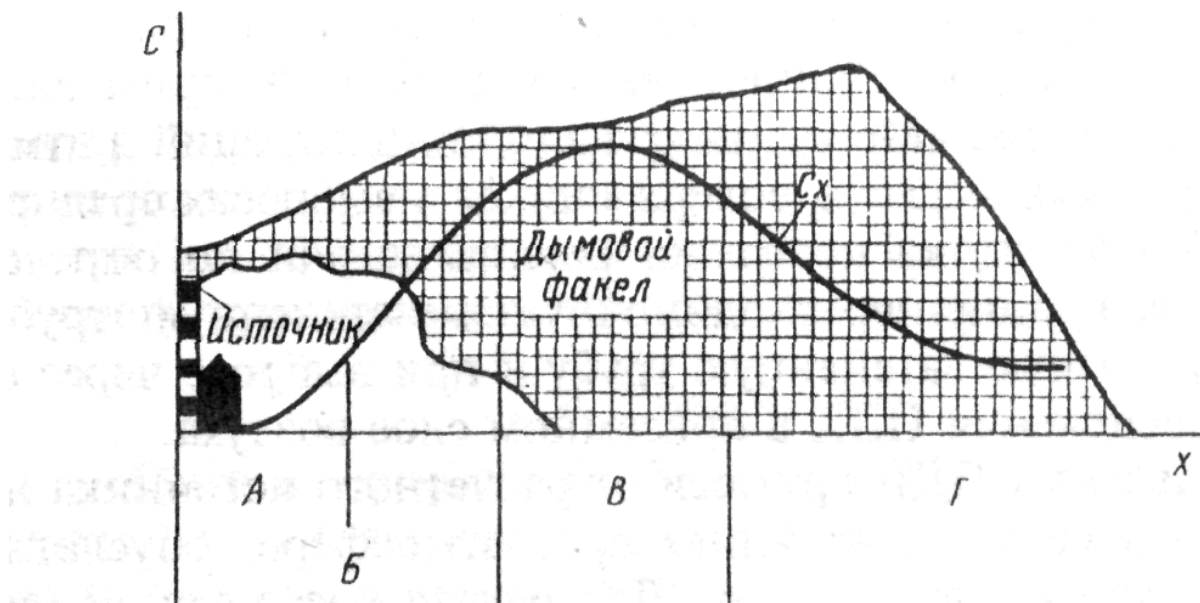


Рис. 3.2. Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере у земной поверхности от источника выбросов
А – зона неорганизованного загрязнения, Б – зона переброса факела, В – зона задымления, Г – зона снижения уровня загрязнения

По мере удаления от трубы в направлении распространения промышленных выбросов, определяемом «розой» ветров, можно условно выделить три зоны загрязнения атмосферы:

- зона переброса факела выбросов *Б*, характеризующаяся относительно невысоким содержанием вредных веществ в приземном слое атмосферы;
- зона задымления *В* с максимальным содержанием вредных веществ;
- зоны постепенного снижения уровня загрязнения *Г*.

Зона задымления наиболее опасна для населения и должна быть исключена из селитебной застройки. Размеры этой зоны в зависимости от метеорологических условий находятся в пределах 10...49 высот трубы.

Максимальная концентрация примесей в приземной зоне прямо пропорциональна производительности источника и обратно пропорциональна квадрату его высоты над землей. Подъем горячих струй почти полностью обусловлен подъемной силой газов, имеющих более высокую температуру, чем окружающий воздух.

Повышение температуры и момента количества движения выбрасываемых газов приводит к увеличению подъемной силы и снижению их приземной концентрации.

В зависимости от расположения и организации выбросов источники загрязнения воздушного пространства подразделяют на затененные и незатененные, линейные и точечные. Точечные источники используют тогда, когда удаляемые загрязнения сосредоточены в одном месте. К ним относят выбросные трубы, шахты, крышные вентиляторы и другие источники. Выделяющиеся из них вредные вещества при рассеивании не накладываются одно на другое на расстоянии двух высот здания (с заветренной стороны). Линейные источники имеют значительную протяженность в направлении, перпендикулярном к ветру. Это аэрационные фонари, открытые окна, близко расположенные вытяжные шахты и крышные вентиляторы.

Незатененные, или высокие источники свободно расположены в недеформированном потоке ветра. К ним относят высокие трубы, а также точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую 2,5 высоты здания. Затененные, или низкие источники расположены в зоне подпора или аэродинамической тени, образующейся на здании или за ним (в результате обдувания его ветром) на высоте $h < 2,5 H_{зд}$.

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определения приземных концентраций выбросов промышленных предприятий, является «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД—86». Эта методика позволяет решать задачи по определению ПДВ при рассеивании через одиночную незатененную трубу, при выбросе через низкую затененную трубу и при выбросе через фонарь из условия обеспечения ПДК в приземном слое воздуха.

3.4.3. Классификация систем очистки воздуха и их параметры

Загрязнители воздуха по агрегатному состоянию подразделяются на пыли, туманы и газопарообразные примеси. Различные системы и методы очистки вредных выбросов представлены на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Системы и методы очистки вредных выбросов

Промышленные выбросы, содержащие взвешенные твердые или жидкие частицы, представляют собой двухфазные системы. Сплошной фазой в системе являются газы, а дисперсной - твердые частицы или капельки жидкости.

Системы очистки воздуха от пыли делятся на четыре основные группы: сухие и мокрые пылеуловители, а также электрофильтры и фильтры.

При повышенном содержании пыли в воздухе используют пылеуловители и электрофильтры. Фильтры применяют для тонкой очистки воздуха с концентрацией примесей менее 100 мг/м^3 .

Для очистки воздуха от туманов (например, кислот, щелочей, масел и других жидкостей) используют системы фильтров, называемых туманоуловителями.

Выбор средств защиты воздуха от газопарообразных примесей зависит от применяемого метода очистки. По характеру протекания физико-химических процессов выделяют метод абсорбции (промывка выбросов растворителями примеси), хемосорбции (промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически), адсорбции (поглощение газообразных примесей за счет катализаторов) и термической нейтрализации.

Все процессы извлечения из воздуха взвешенных частиц включают, как правило, две операции: осаждение частиц пыли или капель жидкости на сухих или смоченных поверхностях и удаление осадка с поверхностей осаждения. Основной операцией является осаждение, по ней, собственно, и классифицируют все пылеуловители. Однако вторая операция, несмотря на кажущуюся простоту, связана с преодолением ряда технических трудностей, часто оказывающих решающее влияние на эффективность очистки или применимость того или иного метода.

Выбор того или иного пылеулавливающего устройства, которое представляет систему элементов, включающую пылеуловитель, разгрузочный агрегат, регулирующее оборудование и вентилятор, предопределяется дисперсным составом улавливаемых частиц промышленной пыли. Поскольку частицы имеют разнообразную форму, принято характеризовать размер частицы величиной, определяющей скорость ее осаждения, - седиментационным диаметром. Под ним подразумевают диаметр шара, скорость осаждения и плотность которого равны скорости осаждения и плотности частицы.

Для очистки выбросов от жидких и твердых примесей применяют различные конструкции улавливающих аппаратов, работающих по принципу:

- **инерционного осаждения** путем резкого изменения направления вектора скорости движения выброса, при этом твердые частицы под действием инерционных сил будут стремиться двигаться в прежнем направлении и попадать в приемный бункер;
- **осаждения под действием гравитационных сил** из-за различной кривизны траекторий движения составляющих выброса (газы и частицы), вектор скорости движения которого направлен горизонтально;

- **осаждения под действием центробежных сил** путем придания выбросу вращательного движения внутри циклона, при этом твердые частицы отбрасываются центробежной силой к стенке, так как центробежное ускорение в циклоне до тысячи раз больше ускорения силы тяжести, это позволяет удалить из выброса даже весьма мелкие частицы;
- **механической фильтрации** - фильтрации выброса через пористую перегородку (с волокнистым, гранулированным или пористым фильтрующим материалом), в процессе которой аэрозольные частицы задерживаются, а газовая составляющая полностью проходит через нее.

Процесс очистки от вредных примесей характеризуется тремя основными параметрами:

- общей эффективностью очистки, показывающей степень снижения вредных примесей выброса в применяемом средстве очистки и характеризуется коэффициентом

$$\eta = (C_{BX} - C_{ВЫХ}) / C_{BX},$$

где C_{BX} и $C_{ВЫХ}$ - концентрации вредных примесей до и после использования средства очистки;

- гидравлическим сопротивлением, которое определяется как разность давлений на входе и выходе из системы;
- производительностью системы, которая показывает, какое количество воздуха проходит через нее в единицу времени ($\text{м}^3/\text{ч}$).

3.5. Системы и аппараты пылеулавливания

3.5.1. Сухие пылеуловители

К сухим пылеуловителям относятся такие, в которых очистка движущегося воздуха от пыли происходит механически под действием сил гравитации и инерции. Эти системы называются инерционными, так как в них при резком изменении направления движения газового потока частицы пыли, сохраняя по инерции направление движения, ударяются о поверхность, теряют свою энергию и под действием сил гравитации осаждаются в специальном бункере.

Такие пылеуловители условно делятся на три группы:

- **пылеосадительные камеры**, принцип работы которых основан на действии силы тяжести (гравитационной силы);
- **инерционные пылеуловители**, принцип работы которых основан на действии силы инерции;
- **циклоны, батарейные циклоны, вихревые пылеуловители**, принцип работы которых основан на действии центробежной силы.

Пылеосадительная камера представляет собой пустотелый или с горизонтальными полками во внутренней полости прямоугольный короб, в нижней части которого имеется отверстие или бункер для сбора пыли (рис. 3.4.).

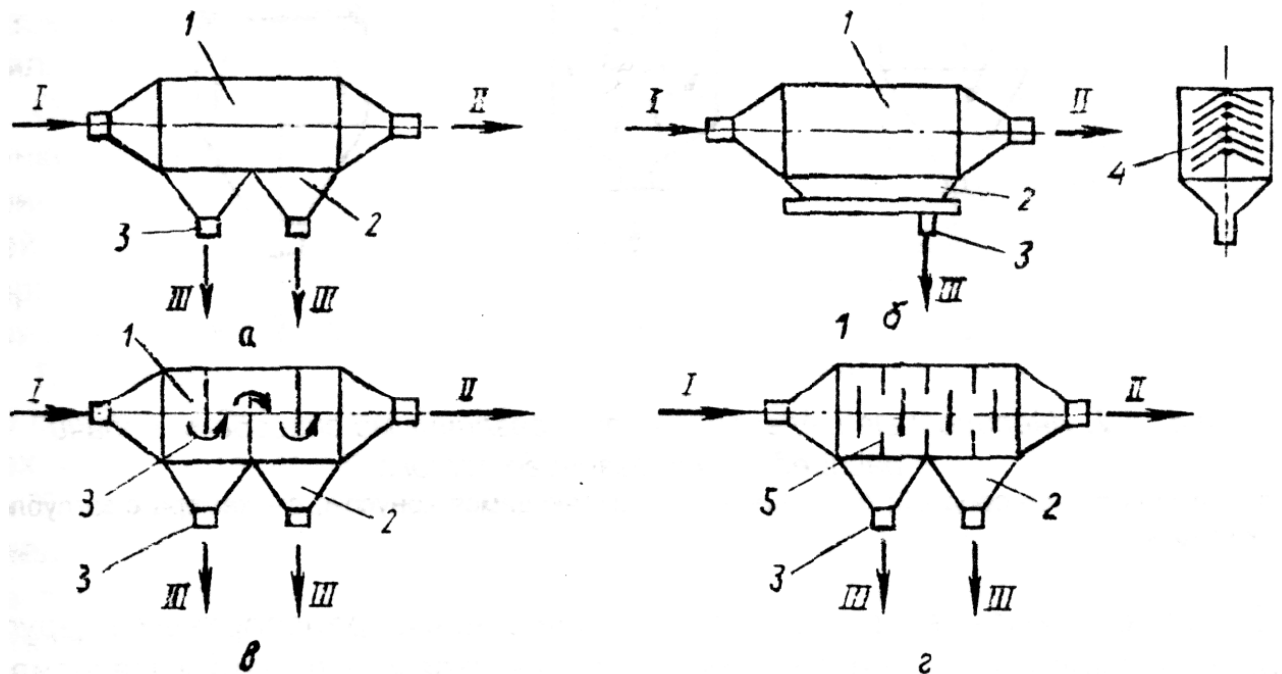


Рис.3.4. Пылеосадительные камеры:

**а – полая, б – с горизонтальными полками,
в и г – с вертикальными перегородками;**

I – запыленный газ, II – очищенный газ, III – пыль;

**1 – корпус, 2 – бункер, 3 – штуцер для удаления пыли, 4 – полки,
5 - перегородки**

Скорость газа в камерах составляет 0,2-1,5 м/с, гидравлическое сопротивление 50-150 Па. Пылеосадительные камеры пригодны для улавливания крупных частиц размером не менее 50 мкм. Степень очистки газа в камерах не превышает 40-50%.

В инерционных пылеуловителях для изменения направления движения газов устанавливают перегородки (рис.3.5. а) или изменяют направление движения отводимых газов (радиальные пылеуловители) (рис. 3.5 б и в). При этом наряду с силой тяжести действуют и силы инерции. Пылевые частицы, стремясь сохранить направление движения после изменения направления движения потока газов, осаждаются в бункере. Газ в инерционном аппарате поступает со скоростью 5-15 м/с. Эти аппараты отличаются от обычных пылесадительных камер большим сопротивлением и высокой степенью очистки газа. Эффективность очистки газа от частиц размером 25-30 мкм обычно составляет 0,65-0,85.

Жалюзийные пылеуловители (рис.3.6) также можно отнести к аппаратам инерционного типа. Очищаемый газ, проходя через решетку, делает резкие повороты. Вследствие инерции крупные пылевые частицы отделяются от газового потока и удаляются. Жалюзийные пылеуловители используются для удаления частиц размером > 20 мкм.

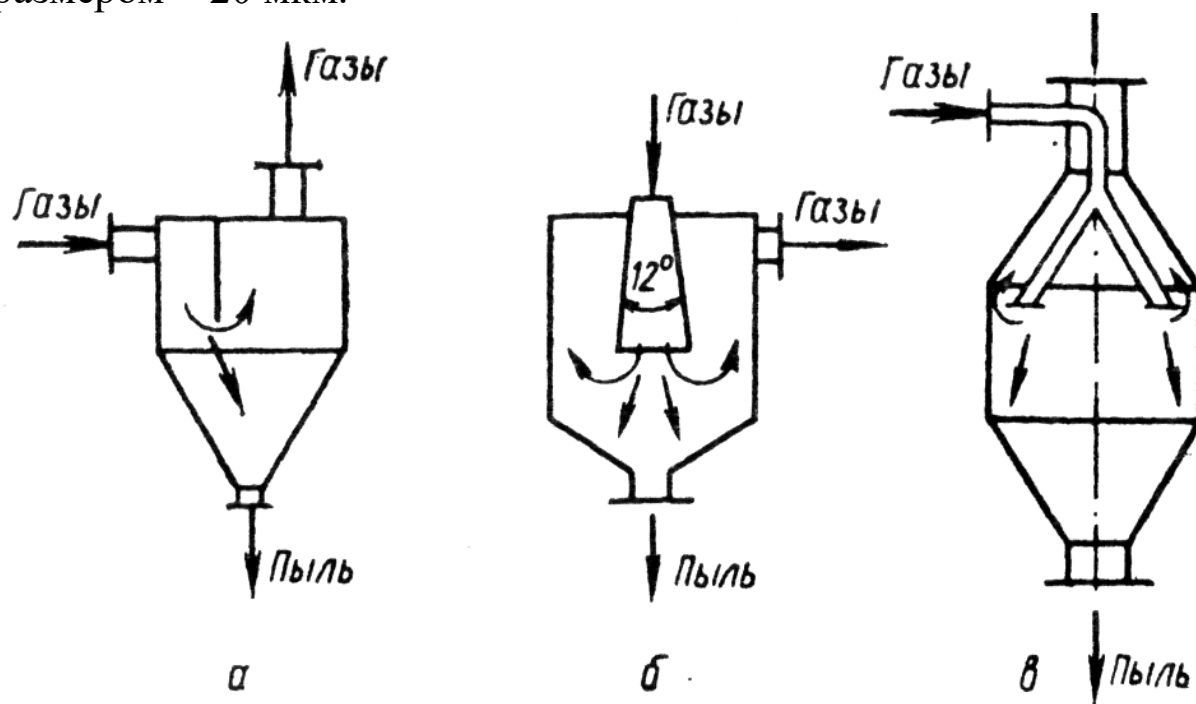


Рис. 3.5. Инерционные уловители с различными способами подачи и распределения газового потока:
а – камера с перегородкой, б – камера с расширяющимся конусом, в – камера с заглубленным бункером

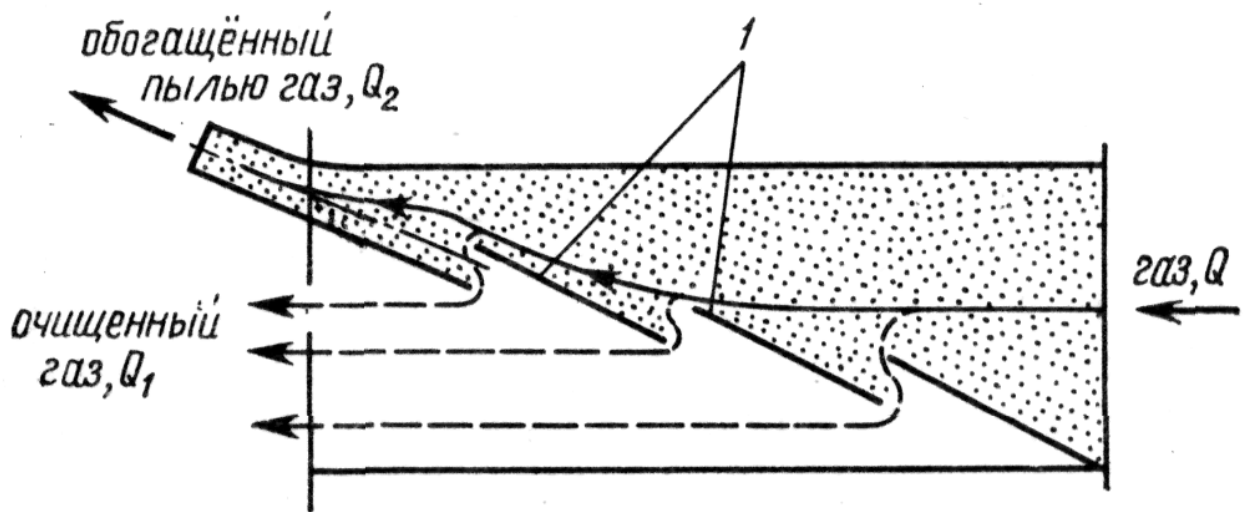


Рис. 3.6. Жалюзийный пылеотделитель:
1 – жалюзийная решетка

Большое внимание при проектировании пневмотранспортных и других устройств пылеочистки необходимо уделять узлам отделения материала от транспортирующего воздуха - разгрузочным и пылеулавливающим устройствам (циклонам, фильтрам и т.п.). В зависимости от способа отделения материала в системах пневмотранспорта используют **объемные разгрузочные устройства** и **центробежные циклоны**. Выбор того или иного типа устройства зависит от конкретных условий работы установок и требований, предъявляемых к его работе: наибольшее значение коэффициента осаждения материала, минимальное сопротивление разгрузочного устройства, надежность в эксплуатации.

Эффективность улавливания пыли в циклонах повышается с уменьшением диаметра корпуса, но при этом снижается их пропускная способность.

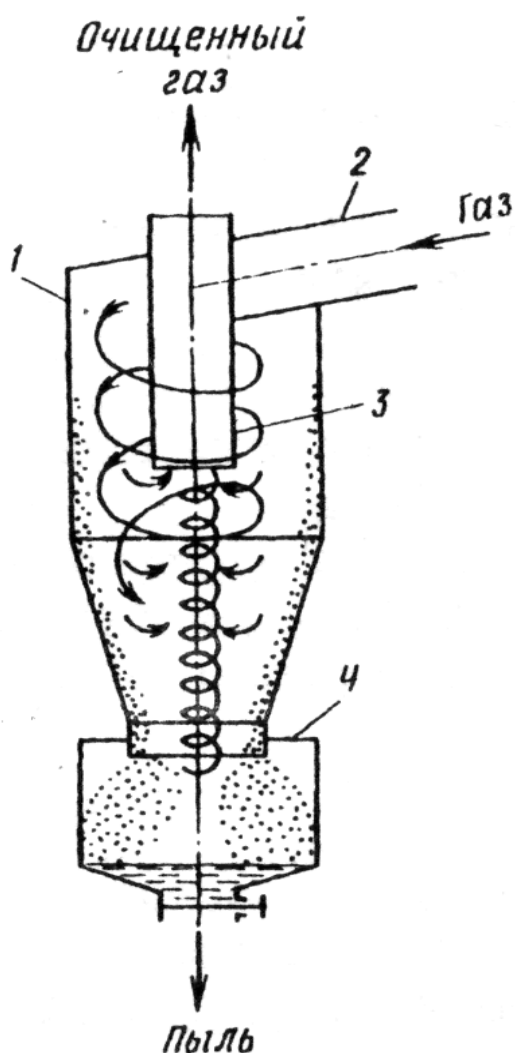


Рис. 3.7. Циклон
1—корпус, 2—патрубок,
3—выходная труба, 4—бункер

Циклоны рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами) очистки.

Для сухой очистки газов наиболее употребительны центробежные обеспыливающие системы (циклоны), выполняющие одновременно и роль пылеулавливающего аппарата. (рис. 3.7).

Газовый поток, попадая во внутренний корпус циклона 1 через патрубок 2, совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса по направлению к бункеру 4. Под действием сил инерции частицы пыли осаждаются на стенках корпуса, а затем попадают в бункер. Очищенный газовый поток выходит из бункера через выходную трубу 3. Особенностью таких систем очистки является обязательная герметичность

бункера, в противном случае из-за подсоса воздуха осаждаемые частицы пыли будут выбрасываться в атмосферу через патрубок 3.

Средняя эффективность обеспыливания газов в циклонах составляет 0,98 при размере частиц пыли 30-40 мкм, 0,8 - при 10 мкм, 0,6 - при 4-5 мкм. Производительность циклонов лежит в диапазоне от нескольких сот до десятков тысяч кубических метров в час. Преимущество циклонов - простота конструкции, небольшие размеры, отсутствие движущихся частей; недостатки - затраты энергии на вращение и большой абразивный износ частей аппарата пылью.

Для обеспечения соответствующей производительности пневмотранспортной установки небольшие циклоны группируют в батарею (рис. 3.8). Коэффициент пылеулавливания батареи циклонов составляет 0,76-0,85 и несколько повышается с увеличением входной скорости (с 11 до 23 м/с).

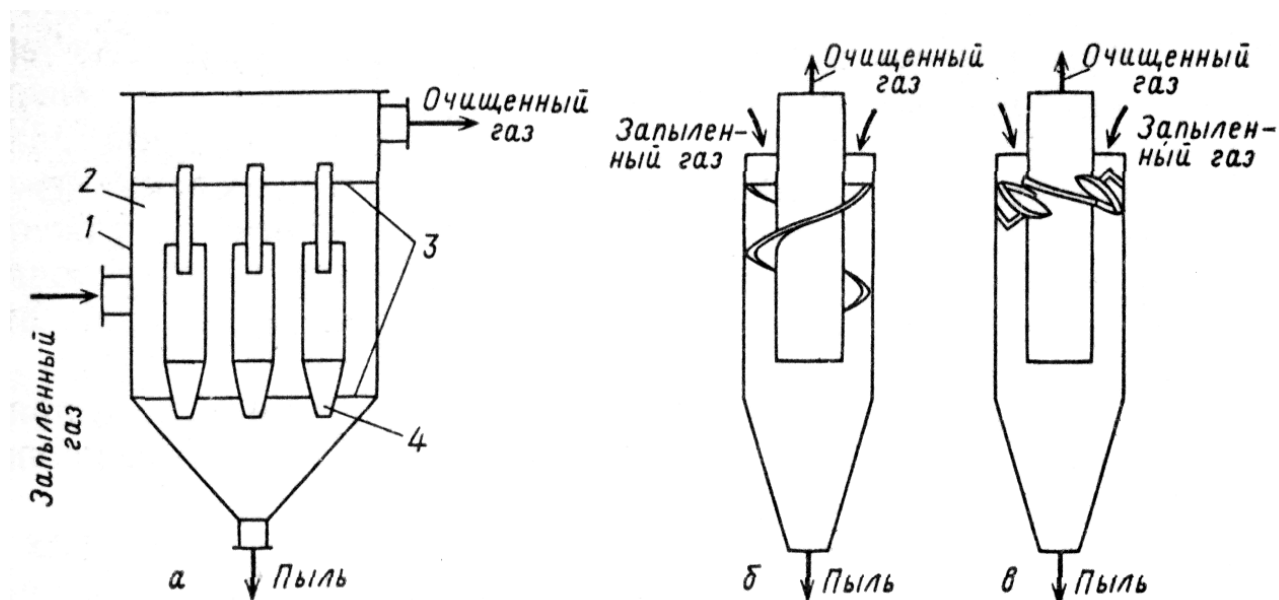


Рис. 3.8. Схема батарейного циклона (а), элемент с направляющим аппаратом типа «винт» (б), Элемент с направляющим аппаратом типа «розетка»:
1 – корпус, 2 – распределительная камера, 3 – решетка, 4 – циклонный элемент

Воздух после разгрузочных устройств или циклонов, насыщенный субмикронными частицами, должен направляться на доочистку в пылеуловители.

При выборе типа пылеуловителя в условиях работы таких установок учитывают следующие показатели:

- степень пылеулавливания, равную отношению количества пыли, задержанной пылеуловителем, к количеству пыли, содержащейся в воздухе при его поступлении в пылеуловитель;
- сопротивление пылеуловителя, от которого зависит экономичность процесса пылеулавливания;
- габаритные размеры и масса пылеуловителя, надежность и простота его обслуживания.

Кроме циклонов применяют и другие типы сухих пылеуловителей, например ротационные, вихревые, радиальные. При общих принципах действия они различаются системами пылеулавливания и способами подачи воздуха.

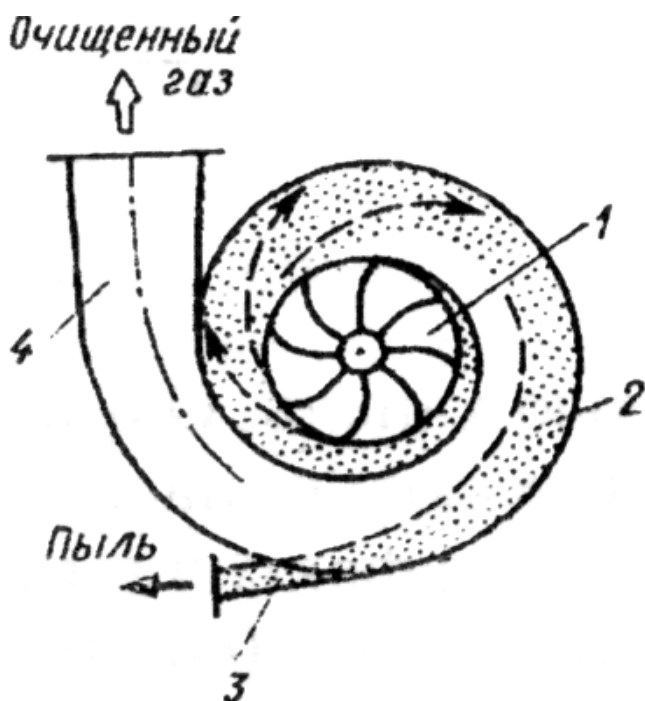


Рис. 3.9. Пылеуловитель ротационного типа:
1 – вентиляторное колесо,
2 – кожух, 3 – пылеприемное отверстие, 4 – выхлопная труба

К наиболее эффективным следует отнести **ротационный пылеуловитель** (рис. 3.9).

Основной частью ротационного пылеуловителя является колесо 1, при работе которого частицы пыли под действием центробежных сил отбрасываются к стенке кожуха 2 и, оседая на стенках, попадают в пылеприемник 3, а чистый воздух выходит через патрубок 4. Благодаря активному действию такие системы имеют эффективность 0,95-0,97.

Использование вместо циклонов **вихревых пылеуловителей** (рис. 3.10) обеспечивает улавливание частиц пыли размером 5-7 мкм.

Основным отличием вихревых пылеуловителей от циклонов является наличие вспомогательного закручивающего газового потока.

Поступающий в вихревые пылеуловители по патрубкам 4 запыленный газ закручивается лопаточным завихрителем 2 и движется вверх, подвергаясь воздействию струй вторичного газа, вытекающих из тангенциально расположенных сопел 1 в аппаратах соплового типа (рис. 3.10, а).

Вихревой пылеуловитель лопаточного типа (рис. 3.10, б) отличается тем, что вторичный газ подается кольцевым направляющим аппаратом с наклонными лопатками 1.

В обоих случаях, под действием центробежных сил частицы пыли устремляются к периферии закрученного потока, откуда спиральными струями вторичного потока перемещаются вниз. Безвозвратный спуск пыли в бункер обеспечивается подпорной шайбой 3.

В качестве вторичного газа можно использовать сам запыленный газ. При этом производительность аппаратов повышается на 40-65% без снижения эффективности.

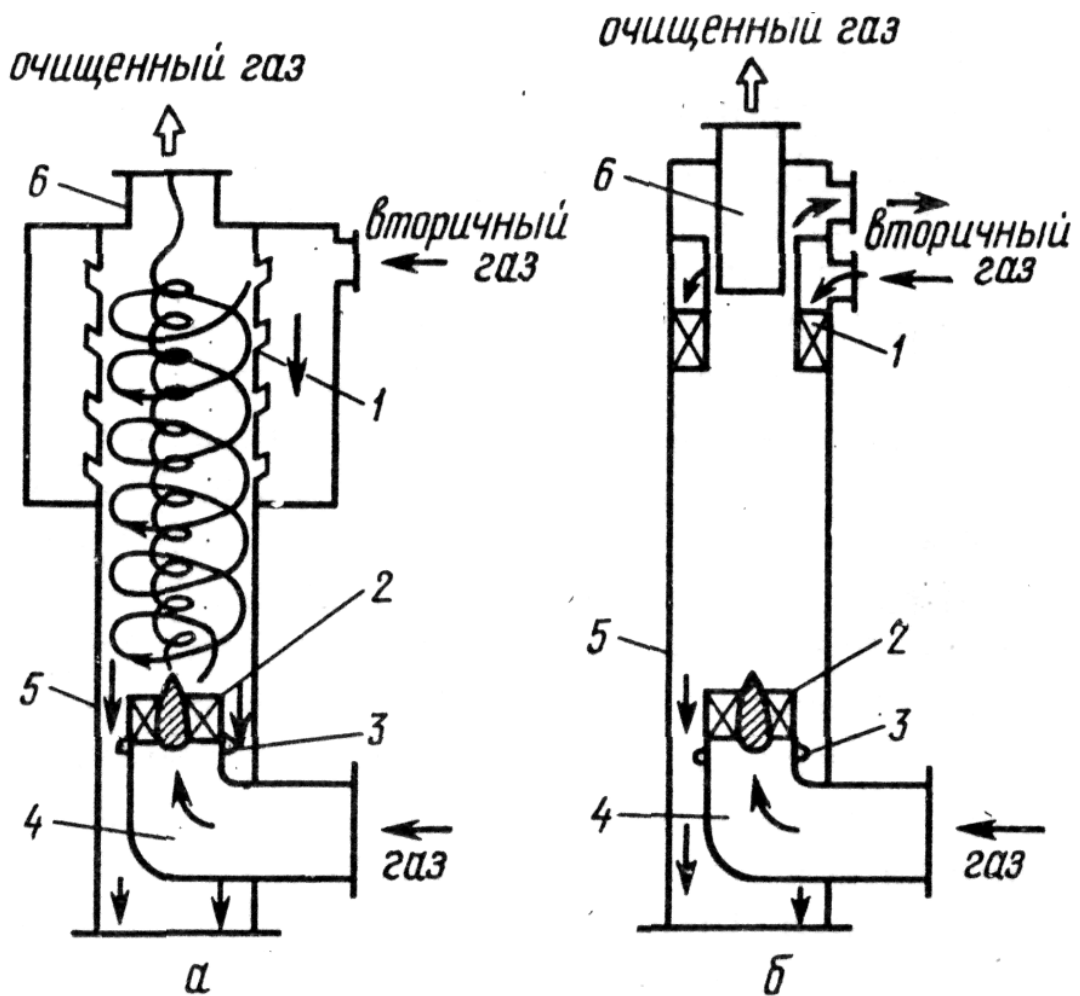


Рис. 3.10. Вихревые пылеуловители

а – соплового типа, б – лопаточного типа;

1 – сопловой блок (а) или кольцевой лопаточный завихритель (б), 2 – лопаточный завихритель типа «розетка», 3 – подпорная шайба, 4 – входной патрубок 5 – камера, 6 - выходной патрубок

В таблице 3.4 приведены наиболее характерные параметры некоторых из сухих механических пылеуловителей.

Таблица 3.4

**Параметры сухих механических пылеуловителей
(осредненные)**

Тип пылеуловителя	Максимальная производительность, м³/ч	Эффективность пылеулавливания, % (размер частиц)	Гидравлическое сопротивление, Па	Верхний предел температуры газов, °С
Пылеосадительная камера	Скорость газов	80-90 (50 мкм)	50-130	350-550
Циклон	85 000	50-80 (10 мкм)	250-1500	350-550
Вихревой пылеуловитель	30 000	90 (2 мкм)	2000	250
Батарейный циклон	170 000	90 (5 мкм)	750-1500	350-550
Инерционный пылеуловитель	127 000	90 (2 мкм)	750-1500	400
Ротационный пылеуловитель	42 500	90 (2 мкм)	750-1500	400

Выбор метода и аппарата для улавливания пыли в первую очередь зависит от дисперсного состава пыли (таблица 3.5).

Таблица 3.5**Выбор аппарата для улавливания пыли в зависимости от ее дисперсного состава**

Размер частиц, мкм	Аппарат
40-1000	Пылеосадительные камеры
20-1000	Циклон диаметром 2 м
5-1000	Циклон диаметром 1 м
20-100	Скрубберы
0,9-100	Тканевые фильтры
0,05-100	Волокнистые фильтры
0,01-10	Электрофильтры

3.5.2. Мокрые пылеуловители

Особенностью этих систем очистки является высокая эффективность очистки от мелкодисперсной пыли (менее 1,0 мкм). Эти системы работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель (или пленки) жидкости под действием сил инерции и броуновского движения, обеспечивают возможность очистки от пыли горячих и взрывоопасных газов.



Рис. 3.11. Классификация мокрых пылеуловителей

По принципу действия мокрые пылеуловители разделяют на: скрубберы, конденсационные, пенные, инерционные. Скрубберы подразделяются на: полые, насадочные, механические, центробежные, ударно-инерционные и скрубберы Вентури (рис. 3.11).

Полый скруббер (рис. 3.12) представляет собой колонну круглого сечения, в которой осуществляется контакт между запыленным газом и каплями жидкости.

По направлению движения газа и жидкости полые скрубберы делятся на: противопоточные, прямоточные и с поперечным подводом жидкости, как это представлено на рисунке.

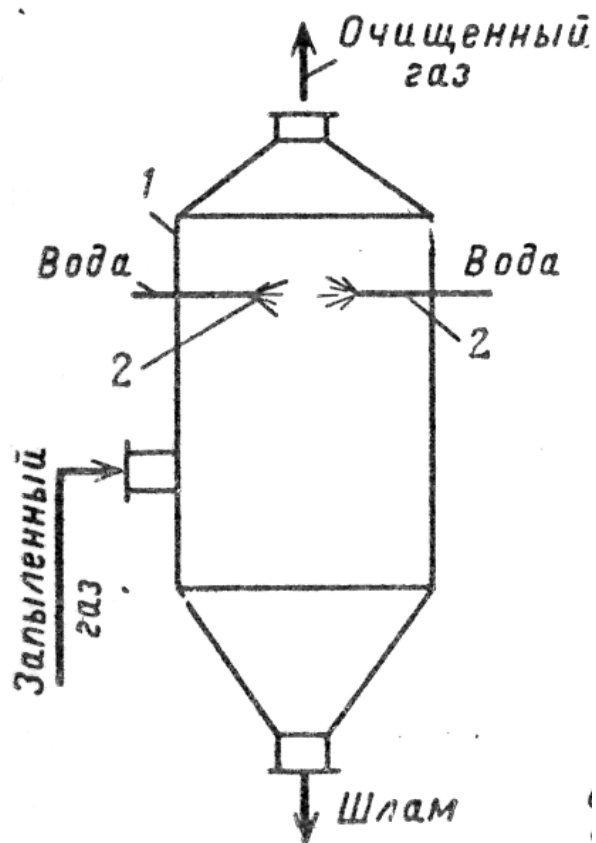


Рис. 3.12. Скруббер форсуночный

скорость газа увеличивается, достигая максимума (с 10-20 до 100-150 м/с) в самом узком сечении.

Увеличение скорости способствует осаждению частиц пыли на каплях воды. В диффузорной части сопла скорость потока мокрых газов уменьшается до 10-20 м/с. Этот поток подается в корпус 3, где под действием сил гравитации происходит осаждение загрязненных пылью капель. Очищенный газ выходит в верхнюю часть корпуса, а

Жидкость подается через систему форсунок, которых по сечению колонны может быть 14-16. Полые скрубберы обеспечивают хорошую степень очистки только при улавливании частиц пыли с условным диаметром > 10 мкм.

Эффективность таких систем, например, при очистке доменного газа достигает 0,7.

Наибольшее практическое применение находят **скрубберы Вентури** (рис. 3.13), которые работают следующим образом. Через патрубок 4 газ подается в сопло 2 имеющее конфузур (сужение), в который через форсунки 1 подается вода на орошение. В этой части сопла

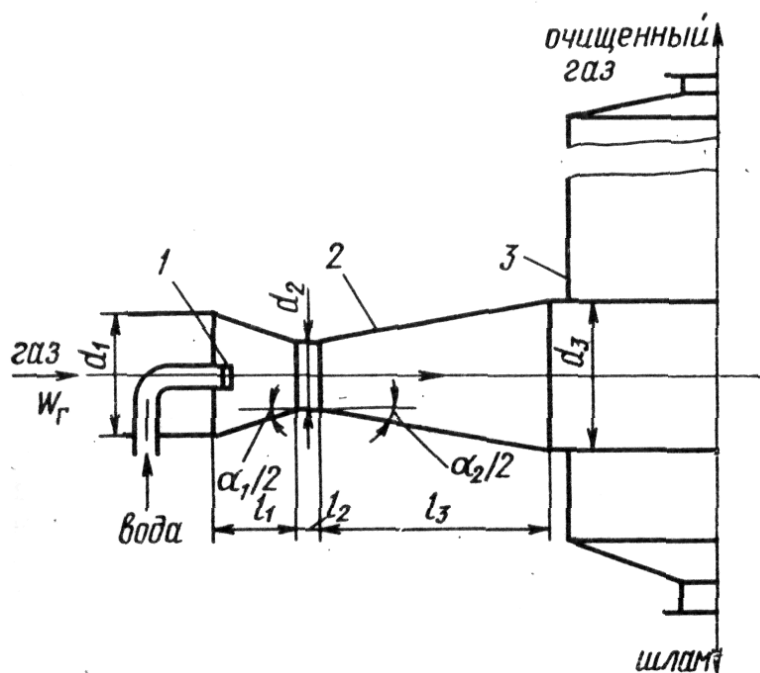


Рис. 3.13. Скруббер Вентури:
1 – центробежные форсунки, 2 – сопло Вентури, 3 – каплеуловитель

в нижнюю попадает шлам.

Эффективность скрубберов Вентури 0,97-0,98. Расход воды составляет 0,4-0,6 л/м³.

Среди систем мокрой пылеочистки высокая эффективность отмечена в скрубберах ударно-инерционного действия. В этих аппаратах контакт газов с жидкостью осуществляется при ударе газового потока о поверхность жидкости с последующим пропусканием газожидкостной взвеси через отверстия различной конфигурации или непосредственным отводом газожидкостной взвеси в сепаратор жидкой фазы.

К мокрым пылеуловителям относят барботажно-пенные пылеуловители с провальной (рис. 3.14, а) и переливной (рис. 3.14, б) решетками.

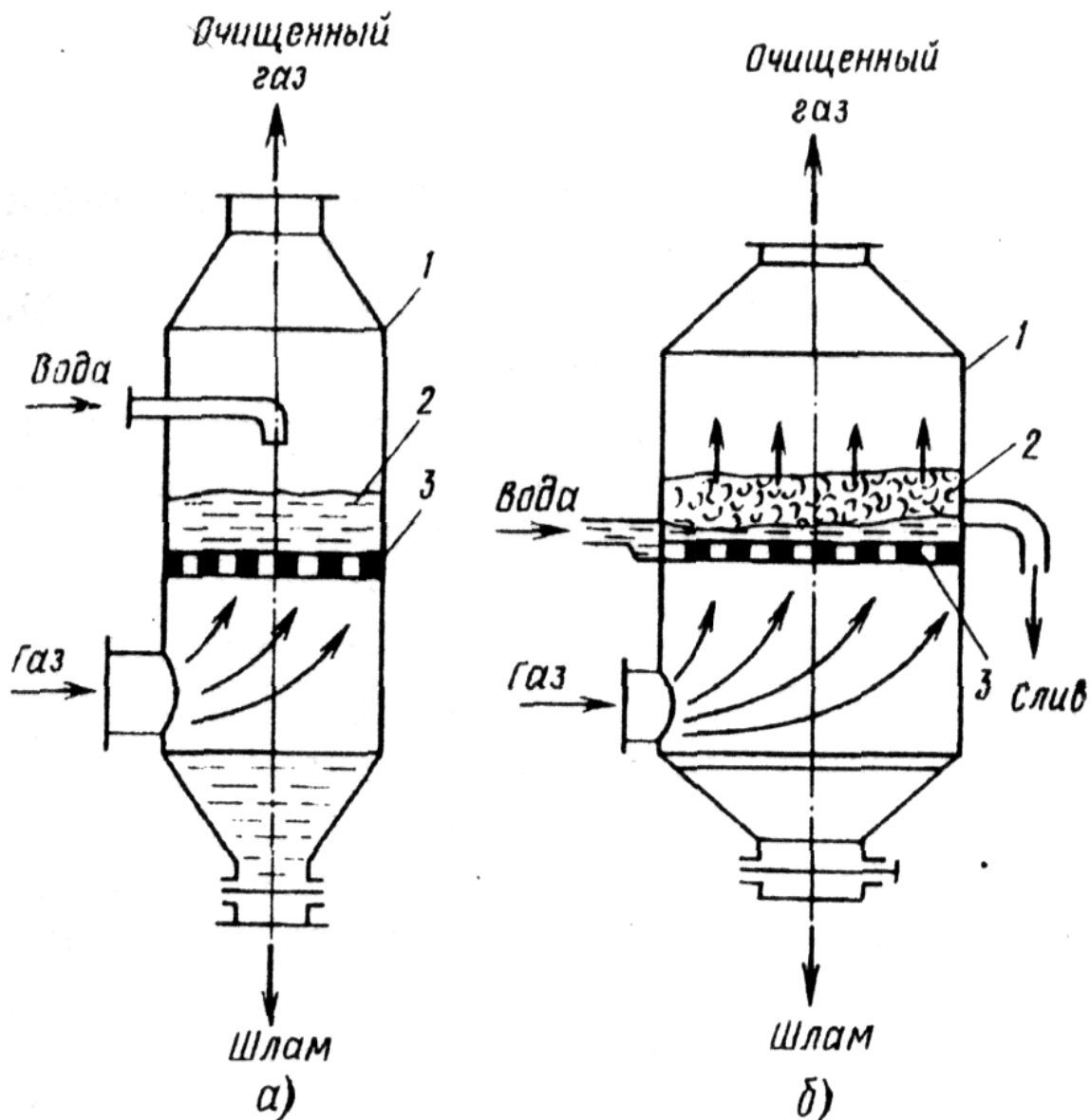


Рис. 3.14. Схема барботажно-пенного пылеуловителя с провальной (а) и переливной (б) решеткой
 1 – корпус, 2 – слой жидкости и пены, 3 - решетка

В таких аппаратах запыленный газ поступает под решетку 3, проходит через отверстия в решетке и, барботируя через слой жидкости и пены 2, очищается от пыли за счет осаждения частиц на поверхности газовых пузырей. При скорости подачи воздуха под решетку 1 м/с наблюдается барботажный режим работы аппарата. При скорости 2-2,5 м/с возникает пенный слой над жидкостью, что приводит к повышению эффективности очистки до 0,95.

Недостатки: засоряемость решеток и чувствительность к скорости подачи запыленного газа.

3.5.3. Электрофильтры

Их работа основана на одном из наиболее эффективных видов очистки газов от пыли - электрическом. Электрофильтры также используются и для очистки тумана. Основной принцип работы - ударная ионизация газа в неоднородном электрическом поле, которое создается в зазоре между коронирующим 1 и осадительным 2 электродами (рис. 3.15).

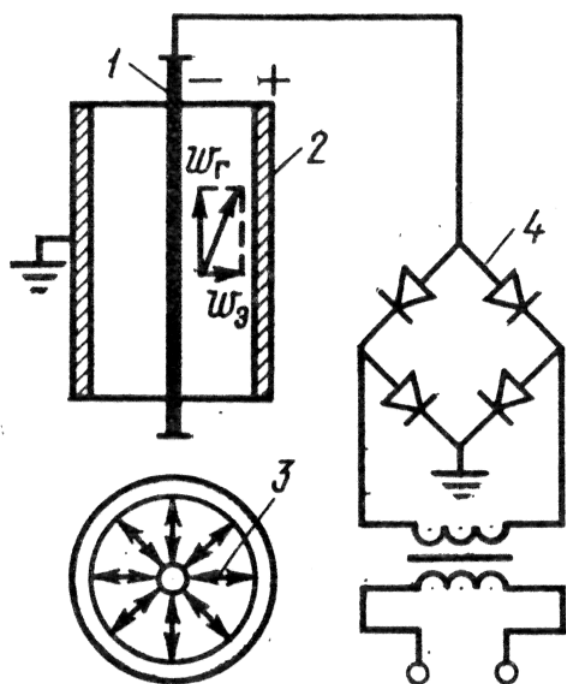


Рис. 3.15. Схема электрофильтра:

- 1 – коронирующий электрод,
- 2 – осадительный электрод,
- 3 – силовые линии, 4 - выпрямитель

положительно заряженные оседают на коронирующем электроде. Так как большинство частиц пыли получают отрицательный заряд, основная масса пыли осаждается на положительном осадительном электроде, с которого пыль легко удаляется.

Эффективность очистки газов электрофильтрами достигает 0,9-0,99, производительность их — до 1 млн. м³/ч.

Напряжение к электродам подается от выпрямителя 4. Силовые линии 3 направлены от осадительного электрода к коронирующему.

Загрязненные газы, попав между электродами, способны проводить электрический ток вследствие имеющейся частичной ионизации. При увеличении напряжения электрического тока число ионов растет, пока не наступит предельное насыщение и все ионы не окажутся вовлеченными в движение от одного электрода к другому. Отрицательно заряженные частицы движутся к осадительному электроду, а

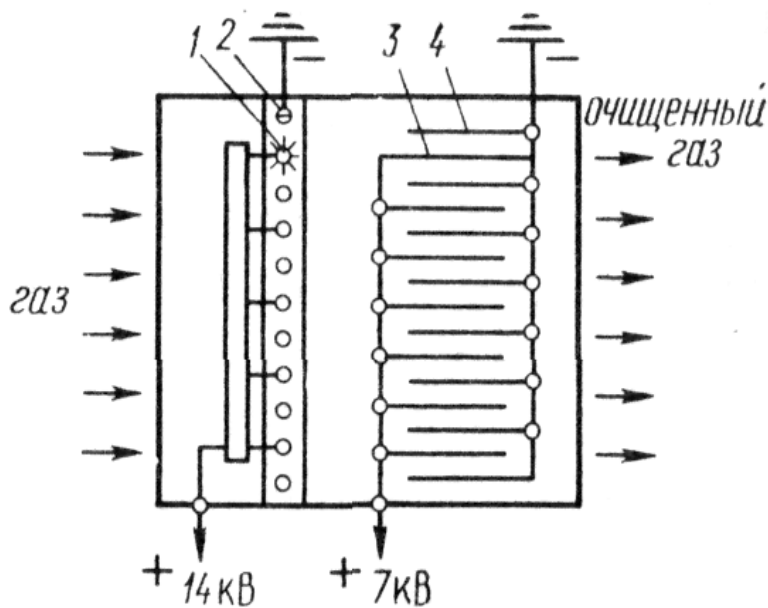


Рис. 3.16. Схема двухзонного электрофильтра:

- 1 – положительный электрод,**
- 2 – отрицательный электрод,**
- 3 и 4 – система пластин-электродов**

электрофильтра показана на рис. 3.16.

Загрязненный газ проходит ионизатор (положительные 1 и отрицательные 2 электроды). При скорости 2 м/с частицы пыли заряжаются, но не успевают осесть на электроды. Зарядившиеся частицы газовым потоком увлекаются в осадитель (система пластин-электродов 3 и 4), где заряженные частицы оседают на пластинах противоположной полярности и удаляются.

3.5.4. Фильтры

Фильтры широко используются для тонкой очистки промышленных выбросов. Работа их основана на фильтровании воздуха через пористую перегородку, в процессе которого твердые частицы примесей задерживаются на ней. В корпусе 1 фильтра расположена воздухопроницаемая перегородка 2, на которой осаждаются улавливаемые частицы 3 (рис. 3.17).

В фильтрах применяют перегородки различных типов:

- в виде зернистых слоев, например гравия (неподвижные свободно насыпанные материалы);

Для очистки вентиляционных выбросов от различных пылей малой концентрации загрязнений применяются **двухзонные электрофильтры**. Поток воздуха в нем последовательно проходит зоны ионизации и осаждения, а также **противоуносный пористый фильтр**. Накопленная пыль периодически смывается водой. Принципиальная схема двухзонного

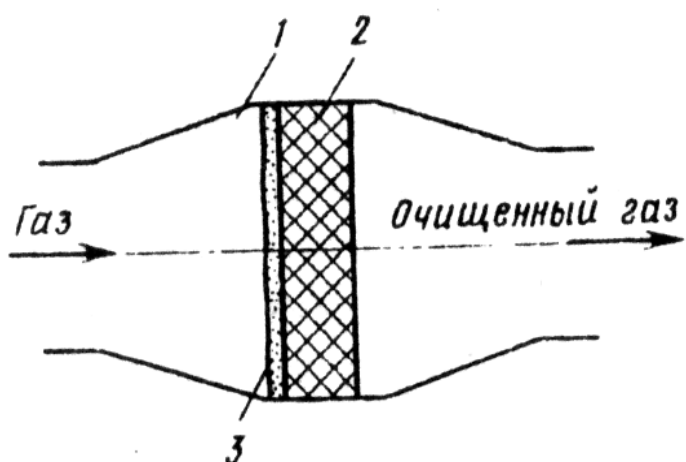


Рис. 3.17. Схема фильтра
1 – корпус, 2 – фильтрующий элемент, 3 – слой осевших частиц

- гибкие пористые (ткани, войлоки, губчатая резина);
- полужесткие пористые (вязаные сетки, прессованные спирали и стружка из различных сталей, меди, бронзы, никеля и других металлов);
- жесткие пористые (пористая керамика, пористые металлы).

Фильтры 1-го типа используются для очистки от пылей механического происхождения (дробилок, грохота, мельниц); они дешевы, просты в эксплуатации, эффективность 0,99.

Фильтры 2-го типа широко используются для тонкой очистки газов от примесей; их основные недостатки - низкая термостойкость и прочность.

Фильтры 3-го типа работают при высоких температурах и в агрессивных средах.

Фильтры 4-го типа, изготавливаемые из пористой керамики и пористых металлов, обладают высокой прочностью, коррозионной и жаростойкостью.

В промышленности широко применяют **тканевые рукавные фильтры** (рис.3.18). В корпусе фильтра 1 устанавливается необходимое число рукавов 3, в которые подается загрязненный воздух, при этом очищенный воздух выходит через патрубок. Частицы загрязнений оседают на фильтре. Насыщенные загрязненными частицами рукава продувают и встряхивают для удаления осажденных частиц пыли. Эффективность таких фильтров достигает 0,99 для частиц размером более 0,5 мкм.

Фильтры 1-го типа используются для очистки от пылей механического происхождения (дробилок, грохота, мельниц); они дешевы, просты в эксплуатации, эффективность 0,99.

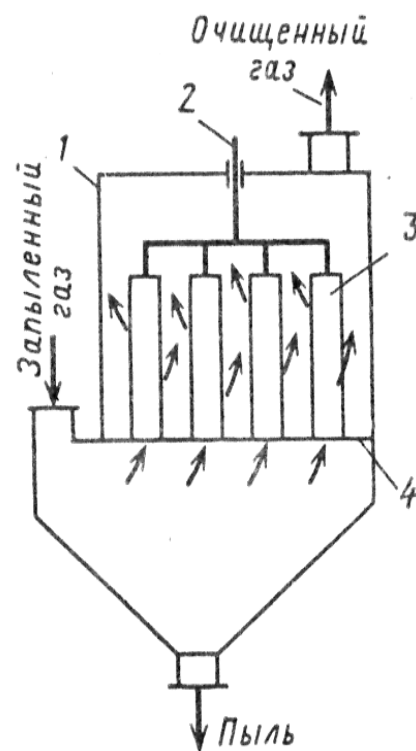


Рис. 3.18. Рукавный фильтр: 1– корпус, 2– встряхивающее устройство, 3 – рукав, 4 – распределительная решетка

В некоторых случаях используют **фильтры тонкой очистки**. На рис.3.19 показаны возможные схемы таких фильтров. Их применяют для очистки радиоактивных аэрозолей (эффективность 0,99).

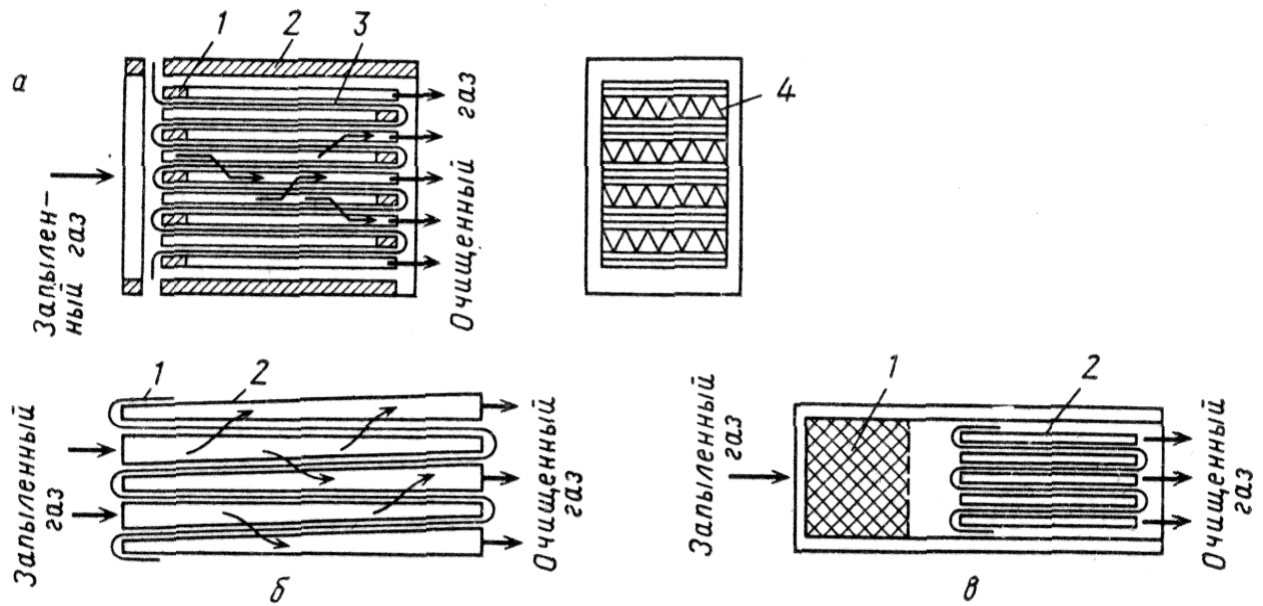


Рис. 3.19. Фильтры тонкой очистки:
 а – рамный (1 – П-образная планка, 2 – боковая стенка, 3 – фильтрующий элемент, 4 – разделитель);
 б – с сепараторами клиновидной формы (1 – фильтрующий элемент, 2 – рамка-сепаратор клиновидной формы);
 в – комбинированный (1 – секция с набивным слоем из волокон, 2 – секция тонкой очистки)

3.6. Системы туманоулавливания

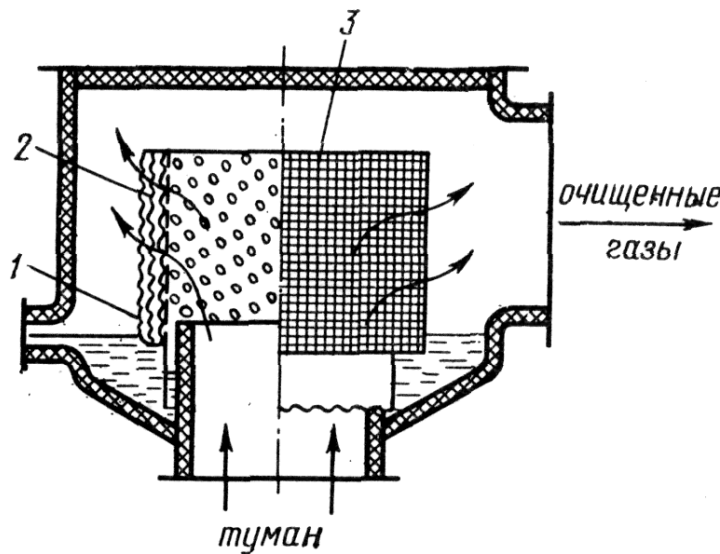


Рис. 3.20. Высокоскоростной туманоуловитель:
 1 – брызгоуловитель, 2 – войлок,
 3 – фильтрующий элемент

Туманоуловители. Для очистки воздуха от туманов, кислот, щелочей, масел и других жидкостей используют волокнистые фильтры, принцип действия которых основан на осаждении капель на поверхности пор с последующим их

стеканием под действием гравитационных сил.

Туманоуловители делят на низкоскоростные (скорость фильтрации $< 0,15$ м/с), в которых преобладает механизм диффузного осаждения капель тумана, и высокоскоростные (2 м/с), где осаждение происходит главным образом под действием инерционных сил. Последние имеют меньшие размеры и обеспечивают эффективность очистки 0,9-0,99.

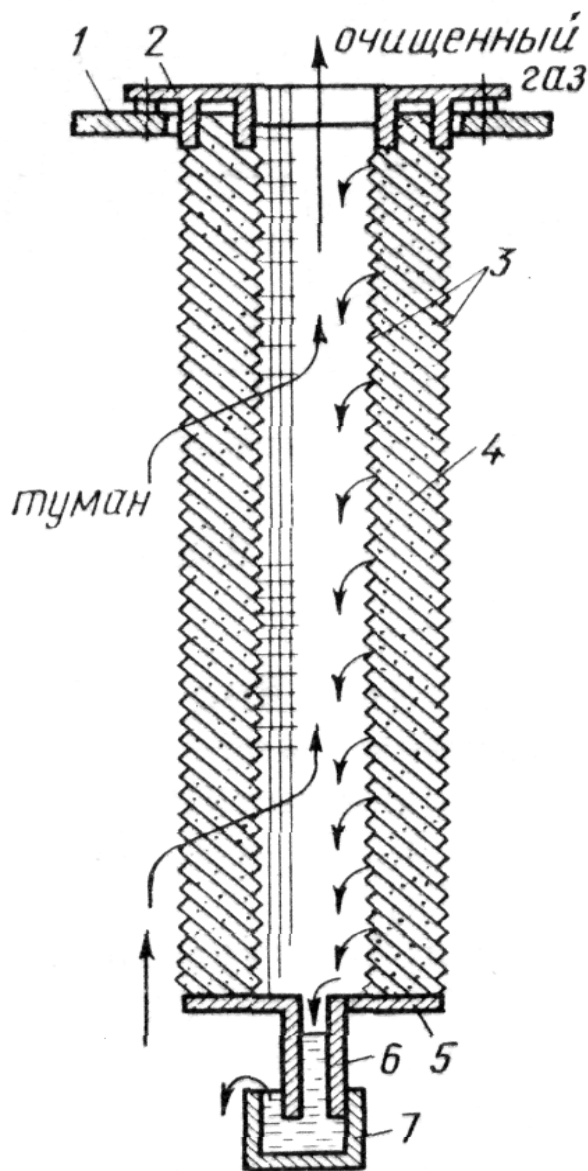


Рис. 3.21. Фильтрующий элемент низкоскоростного туманоуловителя:

1 – корпус туманоуловителя, 2 – фланец, 3 – цилиндры, 4 – фильтрующий элемент, 5 – нижний фланец, 6 – трубка гидрозатвора, 7 – стакан

На рис. 3.20 показана схема **высокоскоростного туманоуловителя** с цилиндрическим фильтрующим элементом 3, который представляет собой перфорированный барабан с глухой крышкой. В барабане установлен войлок 2. Вокруг барабана расположен брызгоуловитель.

Брызгоуловитель и фильтрующий элемент нижней частью находятся в жидкости.

На рис.3.21 – показан фильтрующий элемент **низкоскоростного туманоуловителя.**

В пространстве между двумя цилиндрами 3, изготовленными из сеток, размещается волокнистый фильтрующий материал 4. Жидкость, оседающая на фильтрующем материале, стекает через гидрозатвор 6 в приемное устройство 7. Цилиндр с фильтром крепится к корпусу 1 туманоуловителя фланцами 2 и 5.

В качестве материала

фильтрующего элемента используются войлок, лавсан, полипропилен и другие материалы толщиной 5-15 см. Эффективность туманоуловителей для размеров частиц менее 3 мкм может достигать 0,99.

3.7. Методы и системы очистки от газообразных примесей

3.7.1. Метод абсорбции

Метод абсорбции заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Состав абсорбента выбирается из условия растворения в нем поглощаемого газа. Например, для удаления из технологических выбросов таких газов, как аммиак, хлористый водород и др., целесообразно применять в качестве поглотительной жидкости воду, для улавливания водяных паров - серную кислоту, а ароматических углеводородов (из коксового газа) - вязкие масла.

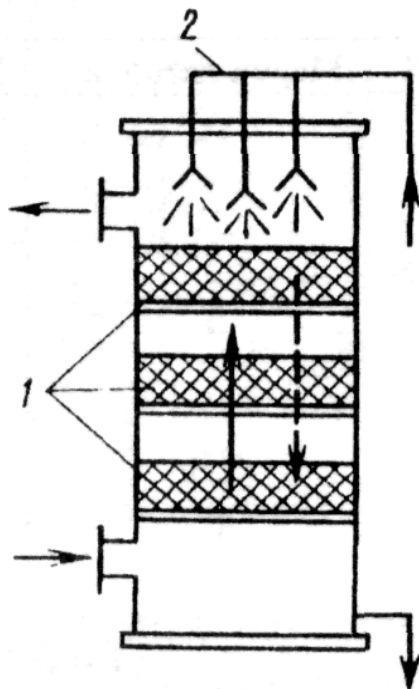


Рис. 3.22. Орошаемый скруббер-абсорбер с насадкой

Установки, реализующие метод абсорбции, называются **абсорберами**. В абсорберах жидкость дробится на мелкие капли для обеспечения большего контакта с газовой средой. В орошаемом скруббер-абсорбере (рис. 3.22) насадки 1 размещают в плоскости вертикальной колонны. В качестве насадок используют кольца с перфорированными стенками, изготавливаемыми из металла, керамики, пластмассы и других материалов с высокой коррозионной устойчивостью. Орошение абсорбента осуществляется через разбрызгиватели 2. Загрязненный газ поступает снизу и направляется вверх, подвергаясь непрерывной очистке.

Очищенный газ обычно

сбрасывается в атмосферу. Жидкость, удаляемую из абсорбера, подвергают регенерации, десорбируя загрязняющее вещество.

Скорость абсорбции зависит главным образом от температуры и давления.

На рис. 3.23 показана схема установки абсорбции диоксида серы серы суспензией известняка. Другими абсорбентами в этом случае могут быть: вода, различные водные растворы и суспензии щелочных и щелочноземельных металлов.

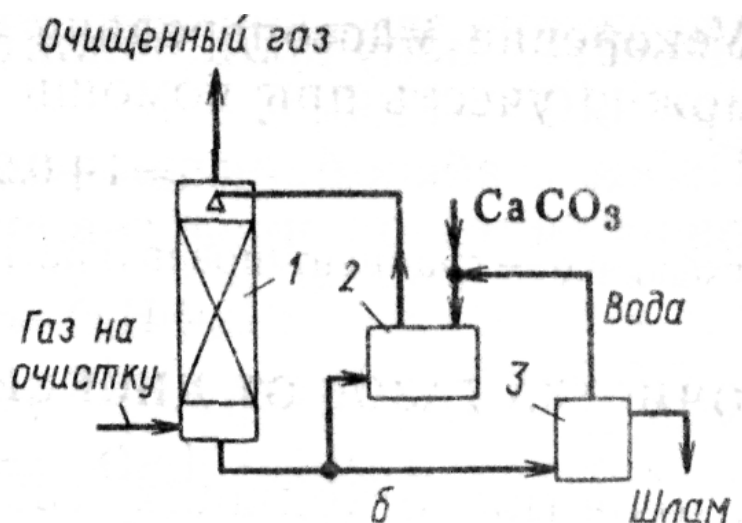
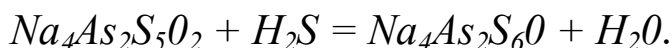


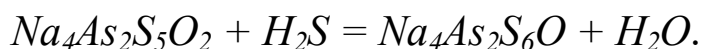
Рис. 3.23. Схема установки абсорбции диоксида серы суспензией известняка:

1 – абсорбер, 2 – сборник, 3 – вакуум-фильтр

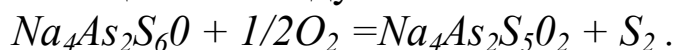
3.7.2. Метод хемосорбции

Метод хемосорбции основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием химических соединений. Реакции хемосорбции экзотермические.

Примером хемосорбции может служить очистка газовой смеси от сероводорода мышьякощелочным методом. При мышьякощелочном методе извлекаемый водород связывается оксисульфомышьяковой солью, находящейся в водном :



Регенерация раствора производится окислением кислорода, содержащемся в очищаемом воздухе:



Установки для хемосорбции внешне напоминают используемые при методе абсорбции. Оба эти метода называются мокрыми, и в зависимости от очищаемого компонента и применяемого растворителя или поглотителя их эффективность может достигать 0,75-0,92.

3.7.3. Метод адсорбции

Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых пористых материалов селективно извлекать из газовой смеси отдельные ее компоненты. Широко известный пример адсорбента с ультрамикроскопической структурой - активированный уголь. Метод адсорбции позволяет

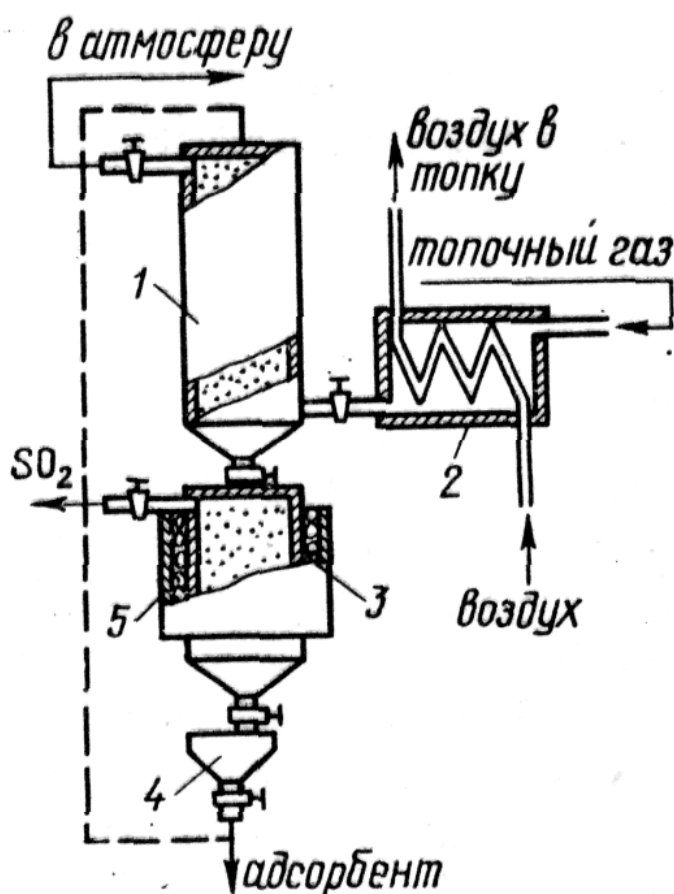


Рис.3.24. Адсорбционная установка для удаления диоксида серы из горячего топочного газа:
 1 – адсорбер, 2 – теплообменник,
 3 – подогреватель, 4 – бункер,
 5 - десорбер

проводить очистку вредных выбросов при повышенных температурах.

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных или горизонтальных емкостей, заполненных адсорбентом, через который проходит поток очищаемых газов.

В качестве примера на рис.3.24 показана адсорбционная установка для удаления оксида серы (SO_2) из горячего топочного газа с температурой в области адсорбера 100-150°C. Адсорбер 1 заполнен древесным активированным углем. Горячий газ через теплообменник 2, где подогревается воздух, подается в адсорбер. Адсорбент после на-

сыщения подается в десорбер 5, где нагревателем 3 поддерживается температура 300-600°C. Регенерированный адсорбент поступает в бункер 4, откуда вновь может поступить в адсорбер 1 механическим путем.

3.7.4. Каталитический метод

При каталитическом методе токсичные компоненты газовой смеси, взаимодействуя со специальным веществом - катализатором, превращаются в безвредные вещества. В качестве катализаторов используются металлы или их соединения (платина, оксиды меди и марганца и пр.). Катализатор играет роль ускорителя химического процесса.

В качестве примера рассмотрим систему очистки выхлопных газов автомобиля - двухступенчатый каталитический нейтрализатор (рис. 3.25). Установка состоит из восстановительного 2 и окислительного 4 катализаторов. Отработавшие газы через патрубок 1 поступают в восстановительный катализатор, где нейтрализуется оксид азота, после восстановительного катализатора для создания окислительной среды к отработавшим газам подается воздух через патрубок 3. На окислительном катализаторе происходит нейтрализация оксида углерода и углеводородов. Данный катализатор снижает концентрацию оксида углерода в 10 раз, а углеводородов — в 8 раз.

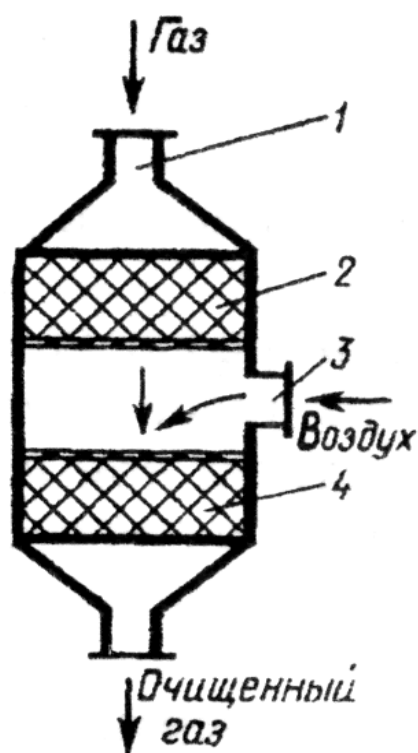


Рис. 3.25. Двухступенчатый каталитический нейтрализатор:
1 – патрубок для подачи газа, 2 – восстановительный катализатор, 3 – патрубок для подачи воздуха, 4 – окислительный нейтрализатор
 нейтрализации:

- прямое сжигание;
- термическое окисление;
- каталитическое дожигание.

Прямое сжигание используется тогда, когда очищаемые газы обладают значительной энергией. Примером прямого сжигания является факельное сжигание горючих отходов на нефтехимических заводах.

Термическое окисление применяется в случаях, когда очищаемые газы имеют высокую температуру, но не содержат достаточно кислорода или когда концентрация горючих веществ недостаточна для поддержания горения. В первом случае термическое окисление проводят с подачей свежего воздуха, во втором – при подаче дополнительного природного газа.

Схема устройства для термического окисления выбросов показана на рис. 3.26.

Каталитическое дожигание используют для превращения токсичных компонентов, содержащихся в очищаемых газах, в нетоксичные или менее токсичные путем их контакта с катализатором (платина, палладий, медь и др.). В этом случае

3.7.5.

Термический метод
 Термический метод, или высокотемпературное дожигание, который иногда называют **термической нейтрализацией**, основан на способности горючих газов и паров, входящих в состав вентиляционных выбросов, сгорать с образованием менее токсичных веществ.

Различают три схемы термической

играют существенную роль, помимо катализатора, скорость потока и его температура. В термических катализаторах сжигаются такие газы, как, например, углеводороды, оксид углерода, выбросы лакокрасочного производства. Эффективность этих систем очистки достигает 0,9-0,99, температура в зоне горения – 500-750°C.

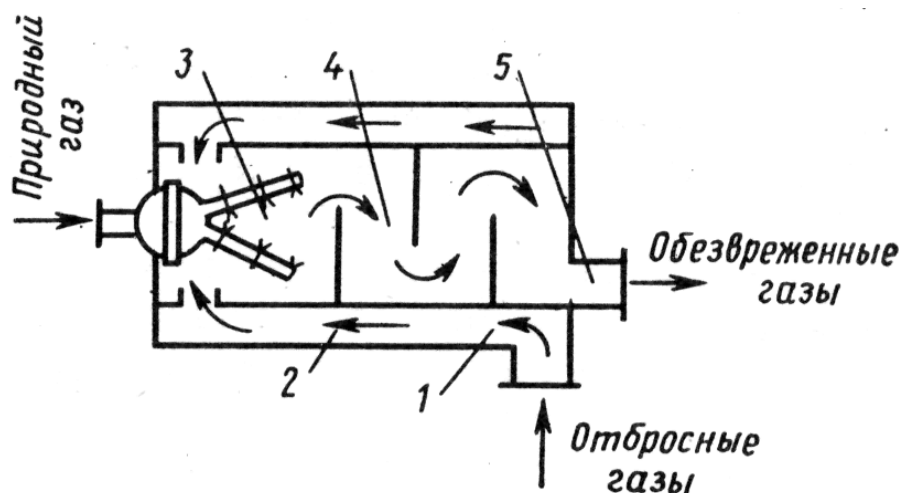


Рис. 3.26. Схема установки для термического окисления:
1 – входной патрубок, 2 – теплообменник, 3 – горелка, 4 – камера, 5 – выходной патрубок

Лекции № 6

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ

4.1. Антропогенное воздействие на гидросферу

4.1.1. Основные источники загрязнения природных вод

Под загрязнением водоемов понимают снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ.

Загрязнение вод проявляется:

- в изменении физических и органолептических свойств (нарушении прозрачности, окраски, запахов, вкуса);
- в увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов;
- в сокращении растворенного в воде кислорода воздуха;
- в появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности: санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому, **вода считается загрязненной.**

Химическое загрязнение - наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть:

- органическим (фенолами, нафтеновыми кислотами, пестицидами и др.);
- неорганическим (солями, кислотами, щелочами);
- токсичным (мышьяком; соединениями ртути, свинца, кадмия и др.);
- нетоксичным.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов и др. Этот вид загрязнений носит временный характер.

Содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ вызывает **радиоактивное загрязнение** природных источников, среди которых наиболее вредными являются долгоживущие радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы со сбрасываемыми радиоактивными отходами, при захоронении отходов на дне и др. В подземные воды радиоактивные элементы поступают в результате выпадения их на поверхность Земли в виде радиоактивных продуктов и отходов, а затем - просачивания в глубь Земли вместе с атмосферными водами, а также в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песка, шлама, ила и др.), а также твердых отходов (мусора), остатков лесосплава, которые могут значительно ухудшать органолептические показатели вод.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры воды в результате смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами, что приводит к изменению газового и химического состава вод, к размножению анаэробных бактерий, росту гидробионтов и выделению ядовитых газов - сероводорода, метана. Одновременно происходит цветение воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет сброс неочищенных сточных вод - промышленных, хозяйственно-бытовых, коллекторно-дренажных и др.

Основные источники загрязнения поверхностных вод:

- промышленные сточные воды загрязняют экосистемы самыми разнообразными компонентами в зависимости от специфики отраслей промышленности;
- хозяйственно-бытовые сточные воды в больших количествах поступают из жилых и общественных зданий, прачечных, столовых, больниц и т. д.; в сточных водах этого типа преобладают различные органические вещества, а также микроорганизмы, что может вызвать бактериальное загрязнение;

- огромное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий и др., смывается с сельскохозяйственных территорий и попадает в водные объекты без какой-либо очистки, а поэтому имеет высокую концентрацию;
- значительную опасность представляют газо-дымовые соединения (аэрозоли, пыль и т. д.), оседающие из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов и непосредственно на водные поверхности;
- огромны масштабы нефтяного загрязнения природных вод.

Кроме поверхностных вод, постоянно загрязняются и **подземные воды**, в первую очередь - в районах крупных промышленных центров. Инфильтруясь и просачиваясь сквозь почву, вода уносит с собой в грунтовые воды все растворимые в ней вещества. Почва не может задержать их. Следовательно, любое химическое вещество, примененное, размещенное, разлитое, рассыпанное на земле или попавшее в нее, может загрязнить грунтовые воды.

В настоящее время **основными источниками загрязнения грунтовых вод** признаны:

- неправильно устроенные свалки и другие хранилища ядовитых веществ, откуда они могут просачиваться в грунтовые воды;
- протекающие подземные резервуары и трубопроводы (например, утечка бензина из резервуаров на автозаправочных станциях);
- пестициды и удобрения, применяемые на полях, газонах, в садах;
- соль, которой посыпают дороги при гололеде;
- мазут, применяемый на дорогах для связывания пыли;
- излишки применяемых в хозяйстве сточных вод и канализационного ила;
- утечки при транспортировке различных вредных и опасных веществ.

4.1.2. Экологические последствия "загрязнения природных вод

Загрязнение водных экосистем представляет огромную опасность для всех живых организмов и, в частности, для человека.

Установлено, что под влиянием загрязняющих веществ в пресноводных экосистемах отмечается падение их устойчивости вследствие нарушения пищевой пирамиды и ломки сигнальных связей в биоценозе, микробиологического загрязнения и других крайне неблагоприятных процессов; снижаются темпы роста гидробионтов, их плодовитость, а в ряде случаев приводят к их гибели.

Антропогенная эвтрофикация связана с поступлением в водоемы значительного количества биогенных веществ - азота, фосфора и других элементов в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства, атмосферных аэрозолей и т. д. В современных условиях эвтрофикация водоемов протекает в значительно менее продолжительные сроки - несколько десятилетий и менее.

Антропогенное эвтрофирование весьма отрицательно влияет на пресноводные экосистемы, приводя к перестройке структуры трофических связей гидробионтов, резкому возрастанию биомассы фитопланктона благодаря массовому размножению сине-зеленых водорослей, вызывающих цветение воды, ухудшающих ее качество и условия жизни гидробионтов (к тому же выделяющих опасные не только для гидробионтов, но и для человека токсины).

Процессы антропогенной эвтрофикации охватывают многие крупные озера мира - Великие Американские озера, Балатон, Ладожское, Женевское и др., а также водохранилища и речные экосистемы, в первую очередь малые реки. На этих реках, кроме катастрофически растущей биомассы сине-зеленых водорослей, с берегов происходит зарастание их высшей растительностью. Помимо избытка биогенных веществ, на пресноводные экосистемы губительное воздействие оказывают и другие загрязняющие вещества: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель и др.), фенолы, нефтепродукты и др., чуждые природным водам, и те, которые водные организмы неспособны переработать.

Актуальна проблема **истощения поверхностных вод**, которое проявляется в прогрессирующем снижении их минимально допустимого стока. На территории России поверхностный сток воды распределяется крайне неравномерно. Около 90% общего годового стока с территории России выносится в Северный Ледовитый и Тихий океаны, а на бассейны внутреннего стока (Каспийское и

Азовское моря), где проживает свыше 65% населения России, приходится менее 8% общего годового стока.

Именно в этих районах наблюдается истощение поверхностных водных ресурсов и дефицит пресной воды продолжает расти. Связано это не только с неблагоприятными климатическими и гидрологическими условиями, но и с активизацией хозяйственной деятельности человека, которая приводит ко все более возрастающему загрязнению вод, снижению способности водоемов к самоочищению, истощению запасов подземных вод, а следовательно, к снижению родникового стока, подпитывающего водотоки и водоемы.

К очень серьезным негативным экологическим последствиям приводит и **изъятие на хозяйственные цели большого количества воды** из впадающих в водоемы рек. Так, уровень некогда многоводного Аральского моря, начиная с 60-х гг. катастрофически понижается в связи с недопустимо высоким забором воды из Амударьи и Сырдарьи, в результате чего объем Аральского моря сократился больше чем наполовину, уровень моря снизился на 13 м, а соленость воды (минерализация) увеличилась в 2,5 раза.

К другим весьма значительным видам воздействия человека на гидросферу следует отнести **создание крупных водохранилищ**, предназначенных для аккумуляции и регулирования поверхностного стока и коренным образом преобразующих природную среду на прилегающих территориях. Из-за того, что многие нерестилища рыб оказываются отрезанными плотинами, резко ухудшается или прекращается естественное воспроизводство многих лососевых, осетровых и других проходных рыб.

Тяжелая ситуация складывается на основном рыбопромысловом водоеме России - **Волго-Каспийском бассейне**, на долю которого приходится более половины отечественного вылова ценных видов рыб и около 90% мировых уловов осетровых. От сотен городов и тысяч промышленных предприятий, стоящих на берегу Волги и ее притоков, ежегодно в реку, а затем и в Каспий поступает более 400 тыс. т органики, 20 тыс. т нефтепродуктов, 45 тыс. т азота, 20 тыс. т фосфора; сотни тонн соединений тяжелых металлов - ртути, свинца, меди, цинка; большое количество пестицидов, фенолов, синтетических детергентов. В результате резко снизилась рыбная продуктивность бассейна (по сравнению с

1930 г. в 5 раз). Отмечаются многочисленные случаи заболеваний и массовой гибели рыб.

4.2. Источники загрязнений и состав примесей сточных вод машиностроительных предприятий

4.2.1. Общая характеристика сточных вод машиностроительных предприятий

На территории промышленных предприятий образуются сточные воды трех видов: бытовые, поверхностные и производственные.

Бытовые сточные воды предприятий образуются при эксплуатации на его территории душевых, туалетов, прачечных и столовых. Предприятие не отвечает за качество данных сточных вод и направляет их на городские (районные) станции очистки.

Поверхностные сточные воды образуются в результате смыывания дождевой, талой и поливочной водой примесей, скапливающихся на территории, крышах и стенах производственных зданий. Основными примесями этих вод являются твердые частицы (песок, камень, стружки и опилки, пыль, сажа, остатки растений, деревьев и т. п.); нефтепродукты (масла, бензин и керосин), используемые в двигателях транспортных средств, а также органические и минеральные удобрения, используемые в заводских скверах и цветниках. Каждое предприятие отвечает за загрязнение водоемов, поэтому необходимо знать объем сточных вод данного типа.

Расход поверхностных сточных вод рассчитывают в соответствии со СНиП П2.04.03—85 «Нормы проектирования. Канализация. Наружные сети и сооружения» по методу предельной интенсивности.

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических процессах. Их количество, состав и концентрацию примесей определяют типом предприятия, его мощностью, видами используемых технологических процессов.

Для обеспечения промышленных предприятий России ежегодно забирается из естественных источников водоснабжения свыше 70 млрд. м³ воды, при этом 90% этого количества

возвращается обратно в водоемы с различной степенью загрязнения. Около 10% общего водопотребления промышленности приходится на машиностроительные предприятия, где воду используют на: охлаждение (подогрев) исходных материалов и продукции, деталей и узлов технологического оборудования; приготовление различных технологических растворов; промывку, обогащение и очистку исходных материалов или продукции; хозяйственно-бытовое обслуживание.

На основе анализа систем водоснабжения определяют объем воды, потребляемой и сбрасываемой машиностроительными предприятиями. Эти нормы (таблица 4.1) используют при проектировании и реконструкции предприятий.

Металлургические цехи. Воду используют в основном для охлаждения печей. Основным видом примесей образующихся сточных вод являются взвешенные вещества и масла.

Литейные цехи. Вода используется на операциях гидравлической выбивки стержней, транспортировки и промывки формовочной земли в отделениях регенерации, а также на гидротранспорт отходов горелой земли и систему обеспечивающей вентиляции. Образующиеся при выполнении этих операций сточные воды загрязняются глиной, песком, зольными остатками от выгоревшей части стержневой смеси и связующими добавками формовочной смеси. Концентрация этих веществ зависит от применяемого оборудования, исходных формовочных материалов и может достигать значений 5 кг/м^3 .

Таблица 4.1

Нормы среднегодового расхода воды для машиностроительных предприятий

Вид машиностроительного предприятия	Среднегодовой расход воды на единицу продукции, м^3			Среднегодовой объем сточных вод на единицу продукции, м^3			Потери воды на единицу продукции, м^3
	оборотная	свежая		очищенные	неочищенные	фильтрационные	
		техническая	питьевая				
Литейные	110	14	3	7	1	1	8

заводы							
Заводы тяжелого машиностро ения	200	21	38	41	4	0	14
Заводы по производств у режущего инструмент а	150	30	15	10	16	0	19

Кузнечно-прессовые и прокатные цехи. Основными примесями сточных вод, используемых для охлаждения технологического оборудования, поковок, гидросбива металлической окалины и обработки помещения, являются частицы пыли, окалины и масла. Например, при прокатке металлов на крупносортовых, средне- и мелкосортных прокатных станах образуется соответственно до 2, 3 и 4% окалины от массы прокатываемого металла; при этом масса частиц размером более 1 мм составляет ~90% всей массы окалины.

Механические цехи. Вода используется для приготовления сма-зочноохлаждающих жидкостей, промывки окрашиваемых изделий, для гидравлических испытаний и обработки помещения. Основными примесями сточных вод являются пыль, металлические и абразивные частицы, сода, масла, растворители, мыла, краски.

Термические участки. Для приготовления технологических растворов, используемых при закалке, отпуске и отжиге деталей; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и для обработки помещения используют воду. Основные примеси сточных вод - пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, цианиды, масла и щелочи.

Травильные и гальванические участки. Вода используется для приготовления технологических растворов, применяемых при травлении материалов и деталей и нанесения на них покрытий; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и обработки помещения. Основные примеси сточных вод - пыль, металлическая окалина, эмульсии, щелочи и кислоты, тяжелые металлы и циан.

В сварочных, монтажных, сборочных и испытательных цехах машиностроительных предприятий сточные воды содержат механические примеси, маслопродукты, кислоты и т. п. в значительно меньших концентрациях, чем в рассмотренных видах цехов и участков.

4.3. Методы и средства защиты гидросферы

4.3.1. Нормирование качества воды в водоемах

Нормирование качества воды в пресноводных водоемах проводят в соответствии с «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения» (1988). Эти правила устанавливают две категории водоемов:

- I - водоемы питьевого и культурно-бытового назначения;
- II - водоемы рыбохозяйственного назначения.

Состав и свойства воды водных объектов первого типа должны соответствовать нормам в створах, расположенных в водотоках на расстоянии одного километра выше ближайшего по течению, а в непроточных водоемах - в радиусе одного километра от пункта водопользования.

Состав и свойства воды в рыбохозяйственных водоемах должны соответствовать нормам в месте выпуска сточных вод при рассеивающем выпуске (наличие течений), а при отсутствии рассеивающего выпуска - не далее чем в 500 м от места выпуска.

Правила устанавливают нормируемые значения для следующих параметров воды водоемов: содержание плавающих примесей и взвешенных веществ, запах, привкус, окраска и температура воды, значение рН, состав и концентрации минеральных примесей и растворенного в воде кислорода, биологическая потребность воды в кислороде, состав и предельно допустимая концентрация (ПДК) ядовитых и вредных веществ и болезнетворных бактерий.

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, в связи с чем их нормируют по принципу **лимитирующего показателя вредности (ЛПВ)**, под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества.

При нормировании качества воды в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический.

Для водоемов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными используют еще два вида ЛПВ: токсикологический и рыбохозяйственный.

Санитарное состояние водоема отвечает требованиям норм при выполнении соотношения:

$$\sum_{i=1}^{5(3)} C_m^i / ПДК_i \leq 1,$$

где C_m^i - концентрация вещества i -го ЛПВ в расчетном створе водоема; ПДК _{i} - предельно допустимая концентрация i -го вещества.

Для водоемов питьевого и культурно-бытового назначения проверяют выполнение трех, для водоемов рыбохозяйственного назначения - пяти неравенств. При этом каждое вещество можно учитывать только в одном неравенстве.

Нормами установлены ПДК более 400 вредных веществ в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения, а также более 100 вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения. ПДК вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения, как правило, меньше, чем в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения. В табл. 4.2 представлены ПДК некоторых веществ в воде водоемов.

Таблица 4.2

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде пресноводных водоемов

Вещество	Водоемы I категории		Водоемы II категории	
	ЛПВ	ПДК, мг/л	ЛПВ	ПДК, мг/л
Нефтепродукты	органолептически й	0,1	рыбохозяйственн ый	0,05
Бензол	Санитарно- токсикологически й	0,5	токсикологически й	0,5
Медь	Органолептически й	1,0	Токсикологическ ий	0,01

Фенолы	Органолептически	0,001	Рыбохозяйственн	0,001
	ый		ый	
Цианиды	Санитарно-токсикологически	0,1	Токсикологическ	0,05
	ый		ий	
Цинк	Общесанитарный	1,0	Токсикологическ	0,05
			ий	
Кадмий	Санитарно-токсикологически	0,01	Токсикологическ	0,0005
	ый		ий	

Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения запрещают сбрасывать в водоемы сточные воды, если этого можно избежать, используя более рациональную технологию, системы повторного и оборотного водоснабжения; если сточные воды содержат ценные отходы, которые можно было бы утилизировать; если сточные воды содержат сырье, реагенты и продукцию предприятий в количествах, превышающих технологические потери; если сточные воды содержат вещества, для которых не установлены ПДК.

4.3.2. Проблемы качества питьевой воды

Водозаборные сооружения берут природную воду из поверхностного источника. Насосная станция по напорным трубопроводам подает ее на водоочистные сооружения, где вода очищается до питьевого качества и из резервуаров чистой воды подается в населенный пункт, как правило, имеющий кольцевую напорную водопроводную сеть. Вода из водопроводной сети подается потребителям; используется на питьевые, хозяйственные нужды, полив улиц и насаждений, а также предприятиями местной промышленности

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Ее качества должны отвечать требованиям **САНИП 2.1.4.559-96 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества"** по показателям:

- микробиологическим;

- токсикологическим;
- органолептическим.

Основными процессами подготовки питьевой воды являются:

- удаление грубодисперсных веществ путем отстаивания, фильтрования с предварительной реагентной обработкой;
- удаление мелкодисперсной взвеси коагулированием (в качестве коагулянта обычно используют сернокислый алюминий – $Al_2(SO_4)_3$ и флокулированием (добавляют полиакриламид ПАА);
- удаление патогенных микроорганизмов (обеззараживание воды - **хлорирование, озонирование**);
- удаление растворенных в воде газов (**дегазация воды**);
- устранение привкусов и запахов (**дезодорация воды**);
- умягчение и обессоливание воды;
- корректирование содержания в воде железа, марганца, кремниевой кислоты и фтора.

Метод обеззараживания воды хлором является в нашей стране наиболее распространенным способом борьбы с бактериальным загрязнением. Однако оказалось, что хлорирование воды несет в себе серьезную опасность для здоровья людей. Чтобы это исключить, необходимо вытеснить хлорирование воды **озонированием** или **обработкой ультрафиолетовыми лучами**, что повсеместно распространено на станциях очистки воды в странах Западной Европы, а в России их применение ограничено, т. к. требует вложения средств на переоборудование водоочистных станций.

4.3.3. Расчет допустимого состава сточных вод

Определение допустимого состава сточных вод проводят в зависимости от преобладающего вида примесей и с учетом характеристик водоема, в который сбрасывают сточные воды.

Расчет допустимого состава сточных вод по концентрации взвешенных веществ. Допустимую концентрацию взвешенных веществ в очищенных сточных водах определяют по формуле:

$$C_O^{B3B} \leq C_B^{B3B} + n \cdot ПДК^{B3B},$$

где C_B^{B3B} - концентрация взвешенных веществ в воде водоема до сброса в него сточных вод; $ПДК^{B3B}$ - предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в водоеме; n - кратность разбавления сточных вод в воде водоема, характеризующая долю расхода воды

водоема, участвующей в процессе перемешивания и разбавления сточных вод.

Расчет допустимого состава сточных вод по концентрации растворенных вредных веществ. Концентрацию каждого из растворенных вредных веществ в очищенных сточных водах определяют по формуле:

$$C_O^i \leq n(C_m^i - C_B^i) + C_B^i,$$

где C_B^i - концентрация i -го вещества в воде водоема до сброса сточных вод; C_m^i - максимально допустимая концентрация того же вещества с учетом максимальных концентраций и ПДК всех веществ, относящихся к одной группе ЛПВ, вычисленная по формуле:

$$C_m^i = ПДК_i \left(1 - \sum_{i=1}^{i-1} C_m^i / ПДК_i \right).$$

Расчет кратности разбавления сточных вод в водоемах. Разбавление сточных вод - это процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления:

$$n = (C_O - C_B) / (C - C_B),$$

где C_O - концентрация загрязняющих веществ в выпускаемых сточных водах; C_B и C - концентрации загрязняющих веществ в водоеме до и после выпуска соответственно.

Для водоемов с направленным течением кратность разбавления удобнее определять по формуле:

$$n = (mQ_B + Q_V) / Q_V,$$

где Q_V - объемный расход сточных вод, сбрасываемых в водоем с объемным расходом воды Q_B ; m - коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме участвует в смешении:

$$m = \frac{1 - \exp(-k^3 \sqrt{L})}{1 + (Q_V / Q_B) \exp(-k^3 \sqrt{L})},$$

где $k = \psi \varphi \sqrt{D_T / Q_B}$ - коэффициент, характеризующий гидравлические условия смешения; ψ - коэффициент, характеризующий место расположения выпуска сточных вод (для берегового выпуска $\psi =$

1, для выпуска в сечении русла $\psi = 1,5$); $\varphi = L/L_{\Pi}$ - коэффициент извилистости русла; L - длина русла от сечения выпуска до расчетного створа; L_{Π} - расстояние между этими же параллельными сечениями в нормальном направлении; D_T - коэффициент турбулентной диффузии, определяемый по соответствующей формуле [1], и зависящий от ускорение силы тяжести, средней глубины русла по длине смешения, средней по сечению русла скорости течения реки на удалении L от места выпуска сточных вод.

Распространение примесей сточных вод обычно происходит в направлении установившихся течений в водоемах, в этом же направлении увеличивается и кратность разбавления. В начальном сечении (место выпуска) кратность разбавления равна единице и в пределе, когда в процессе перемешивания участвует весь возможный для данного водоема расход среды, наступает полное перемешивание.

При условии полного перемешивания сточных вод концентрация примесей в водоеме в произвольный момент времени равна:

$$C = t(C_O Q_V + \sum C_B Q_B) / V,$$

где $t = V / (Q_V + \sum Q_B - Q_{\Pi})$ - период полного обмена воды в водоеме; V - объем водоема; Q_{Π} - потери расхода воды в водоеме без уноса примесей, например при испарении.

При проектировании и реконструкции машиностроительных предприятий, расположенных вблизи рек, в первую очередь необходимо оценить возможность сброса производственных сточных вод в реку. Следует отметить, что для рек зона начального разбавления значительно короче, чем для озер и водохранилищ, поэтому в большинстве методик расчета разбавления сточных вод в реках начальное разбавление не учитывают.

Условия смешения сточных вод с водами озер и водохранилищ значительно отличаются от условий смешения в реках. Концентрация примесей значительно уменьшается в начальной зоне смешения, но полное перемешивание происходит на значительно больших удалениях от места выпуска, чем в реках. Кроме того, изменяющиеся во времени направление и значение скорости движения воздуха над озерами и водохранилищами переносят загрязнения в различном направлении от места выпуска.

4.3.4. Очистка сточных вод

При выборе способов и технологического оборудования для очистки сточных вод от примесей необходимо учитывать, что заданные эффективность и надежность работы любого очистного устройства обеспечиваются в определенном диапазоне значений концентраций примесей и расходов сточной воды. Большинство цехов машиностроительных предприятий характеризуется постоянством расхода и состава сточных вод, однако в некоторых технологических процессах имеют место кратковременные изменения, что может существенно уменьшить эффективность работы очистных устройств или вывести их из строя. Например, залповые сбросы отработанных технологических растворов в термических, травильных и гальванических цехах вызывают существенное увеличение концентрации тяжелых металлов в сточных водах на входе в очистные сооружения. Быстрое таяние снега, а также интенсивные дожди вызывают существенное увеличение расхода поверхностных сточных вод на входе в очистные сооружения.

Для обеспечения нормальной эксплуатации очистных сооружений в указанных случаях необходимо усреднение концентрации примесей или расхода сточной воды, а в некоторых случаях и по обоим показателям одновременно. С этой целью на входе в очистные сооружения устанавливаются усреднители, выбор и расчет которых определяются характеристиками залповых сбросов. Например, методика расчета усреднителей концентрации примесей, заключающегося в определении объема усреднителя, зависит от значения коэффициента подавления

$$k_{\Pi} = (C_{\text{МАКС}} - C_{\text{СР}}) / (C_{\text{ДОП}} - C_{\text{СР}}),$$

где $C_{\text{МАКС}}$ - максимальная концентрация примесей в залповых сбросах сточной воды; $C_{\text{СР}}$ - средняя концентрация примесей в сточной воде на входе в очистные устройства; $C_{\text{ДОП}}$ - допустимая концентрация примесей в сточной воде, при которой обеспечивается нормальная эксплуатация очистных сооружений.

При рассчитанном коэффициенте подавления объем усреднителя определяется по соответствующим формулам [1].

4.3.5. Классификация методов очистки сточной воды

На рис.4.1 представлена общая классификация методов очистки сточных вод.

Существуют различные **способы очистки сточных вод:**

- механический;
- физико-химический;
- химический;
- биологический;
- термический.

В зависимости от степени вредности и характера загрязнений очистка сточных вод может производиться каким-либо одним способом или комплексом методов. В процессе очистки предусматривают обработку осадка и обеззараживание сточных вод перед сбросом их в водоем.

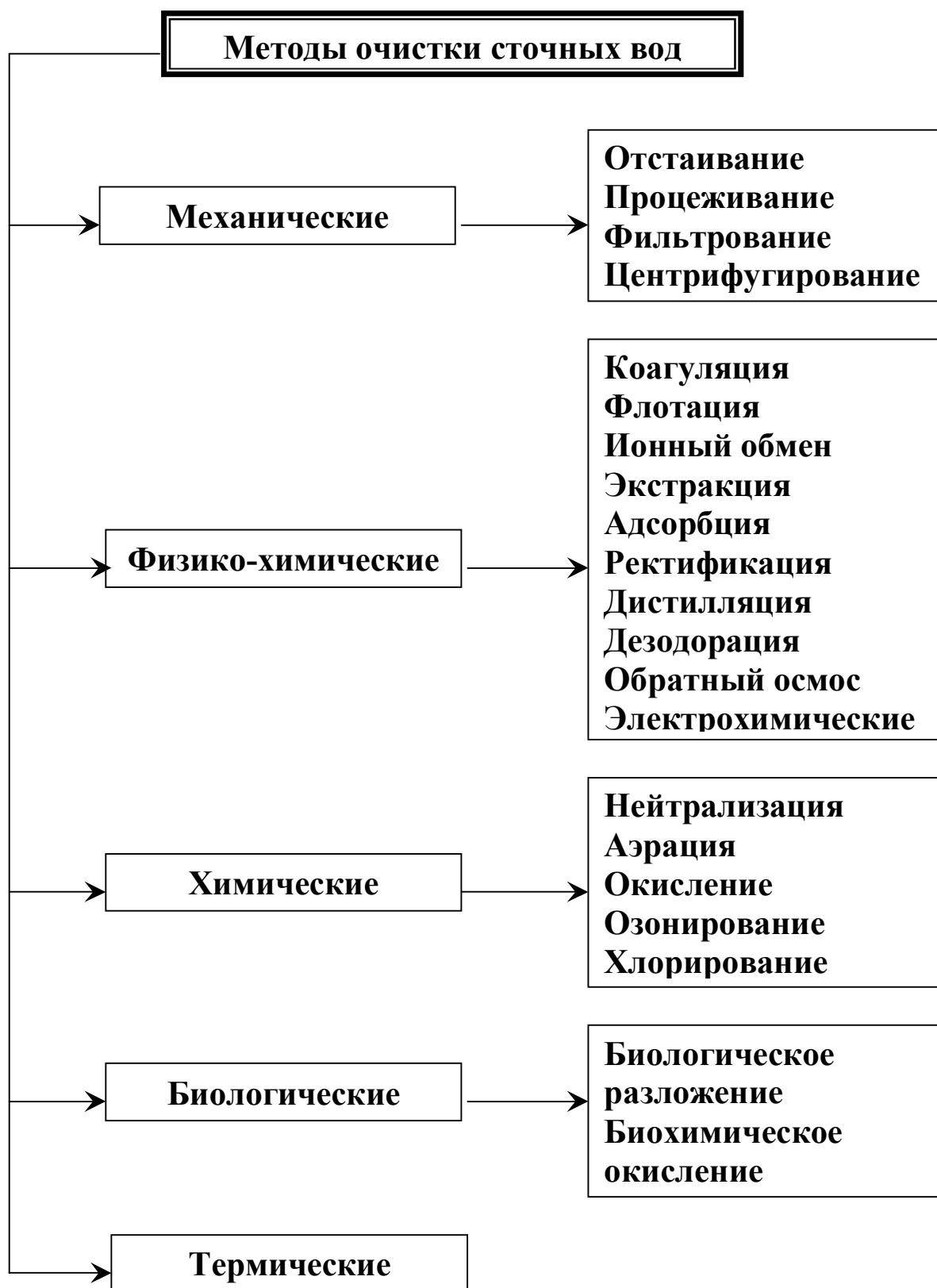


Рис. 4.1. Классификация методов очистки сточных вод

При **механической очистке** из производственных сточных вод путем процеживания, отстаивания и фильтрования удаляется до 90% нерастворимых механических примесей различной степени

дисперсности (песок, глинистые частицы, окалина и др.), а из бытовых сточных вод - до 60%. Для этих целей применяют решетки, песколовки, песчаные фильтры, отстойники различных типов. Вещества, плавающие на поверхности сточных вод (нефть, смолы, масла, жиры, полимеры и др.), задерживают нефте- и маслословушками и другого вида уловителями, либо выжигают.

Химические и физико-химические методы очистки наиболее эффективны для очистки производственных сточных вод.

К основным **химическим способам** относят нейтрализацию и окисление. В первом случае для нейтрализации кислот и щелочей в сточные воды вводят специальные реагенты (известь, кальцинированную соду, аммиак), во втором - различные окислители. С их помощью сточные воды освобождаются от токсичных и других компонентов.

При **физико-химической очистке** используются:

- **коагуляция** - введение в сточные воды коагулянтов (солей аммония, железа, меди, шламовых отходов и пр.) для образования хлопьевидных осадков, которые затем легко удаляются;
- **адсорбция** - способность некоторых веществ (бентонитовых глин, активированного угля, цеолитов, силикагеля, торфа и др.) извлекать и концентрировать на своей поверхности (сорбировать) другие вещества;
- **флотация** - пропуск через сточные воды воздуха; газовые пузырьки захватывают при движении вверх поверхностно-активные вещества, нефть, масла, другие загрязнения и образуют на поверхности воды легко удаляемый пенообразный слой и др. (рис.4,1).

Для очистки коммунально-бытовых сточных вод и промышленных стоков целлюлозно-бумажных, нефтеперерабатывающих, пищевых предприятий широко используют **биологический (биохимический) метод**. Он основан на способности некоторых микроорганизмов использовать для своего развития органические и некоторые неорганические соединения, содержащиеся в сточных водах (сероводород, аммиак, нитриты, сульфиды и т. д.). Очистку ведут с помощью:

- естественных методов (полей орошения, полей фильтрации, биологических прудов и др.);

- искусственных методов (аэротенков, метатенков, биофильтров, циркуляционных окислительных каналов).

Осветленная часть сточных вод очищается в **аэротенках** - специальных закрытых резервуарах, по которым медленно пропускают стоки, обогащенные кислородом и смешанные с активным илом. **Активный ил** представляет собой совокупность гетеротрофных микроорганизмов и мелких беспозвоночных животных (плесени, дрожжей, водных грибов, коллаток и др.), а также твердого субстрата. Важно правильно подбирать температуру, рН, добавки, условия перемешивания, окислитель (кислород), чтобы в максимальной степени способствовать интенсификации гидробиоценоза, составляющего активный ил. После вторичного отстаивания сточные воды обеззараживают (дезинфицируют) с помощью соединений хлора или других сильных окислителей. При этом способе (хлорировании) уничтожаются патогенные бактерии, вирусы, болезнетворные микроорганизмы. В системах очистки сточных вод биологический (биохимический) метод является завершающим, и после его применения сточные воды можно использовать в оборотном (многократном) водоснабжении либо сбрасывать в поверхностные водоемы.

В последние годы активно разрабатываются **новые эффективные методы**, способствующие экологизации процессов очистки сточных вод:

- **электрохимические методы**, основанные на процессах анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции и электрофлотации;
- **мембранные процессы очистки** (ультрафильтры, электродиализ и др.);
- **магнитная обработка**, позволяющая улучшить флотацию взвешенных частиц;
- **радиационная очистка воды**, позволяющая в кратчайшие сроки подвергнуть загрязняющие вещества окислению, коагуляции и разложению;
- **озонирование**, при котором в сточных водах не образуются веществ, отрицательно воздействующих на естественные биохимические процессы.

После осветления сточных вод образуется осадок, который сбрасывают в железобетонных резервуарах (метатенках), а затем

удаляют на иловые площадки для подсушивания. Подсушенный осадок обычно используется как удобрение. Однако в последние годы в сточных водах стали обнаруживаться многие вредные вещества (тяжелые металлы и др.), что исключает такой способ утилизации осадков.

4.3.6. Общая схема очистки сточных вод

На рис.4.2 представлена общая схема очистных сооружений сточных вод.

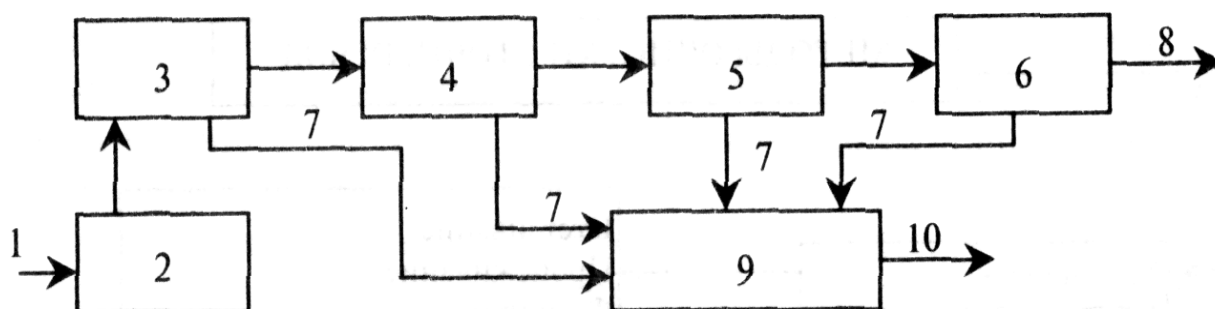


Рис. 4.2. Общая схема очистки сточных вод:

1 - необработанные сточные воды; 2 - устройство для регулирования состава и расхода сточных вод; 3 - сооружения механической очистки; 4 - сооружения других методов очистки; 5 - сооружения глубокой очистки; 6 - сооружения по обеззараживанию сточных вод; 7 - осадок или избыточная биомасса; 8 - очищенные сточные воды; 9 - сооружения по обработке осадка; 10 - обработанный осадок

Перед подачей сточных вод 1 на очистку их могут направлять в устройства (усреднители) 2, которые регулируют состав и расход сточных вод. В комплекс очистных сооружений, как правило, входят сооружения механической очистки 3. В зависимости от требуемой степени очистки они могут дополняться сооружениями, в которых применяются другие методы очистки 4. При более высоких требованиях в состав очистных сооружений включаются сооружения глубокой очистки 5. Перед сбросом в водоем очищенные воды обеззараживаются в сооружениях по обеззараживанию 6. Образующийся на всех стадиях осадок 7, или избыточная биомасса, поступает на сооружения по обработке осадка 9. Очищенные сточные воды 8 могут направляться в

оборотные системы водообеспечения промышленных предприятий, на сельскохозяйственные нужды или сбрасываться в водоем. Обработанный осадок может утилизироваться, уничтожаться или складироваться 10.

4.3.7. Методы механической очистки

В соответствии с классификацией методов очистки сточных вод (рис.4.1) к механическим методам относятся:

- процеживание;
- отстаивание;
- фильтрование;
- центрифугирование.

Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей. Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации взвешенных частиц, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.

Процеживание - первичная стадия обработки сточных вод для извлечения из них крупных нерастворимых примесей, а также более мелких волокнистых фракций, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Для этого сточные воды пропускают через решетки (сита) и волокнуловители, которые устанавливают перед отстойниками (рис. 4.3).

Решетки 1 могут быть неподвижными, подвижными, а также совмещенными с дробилками. Наиболее распространены

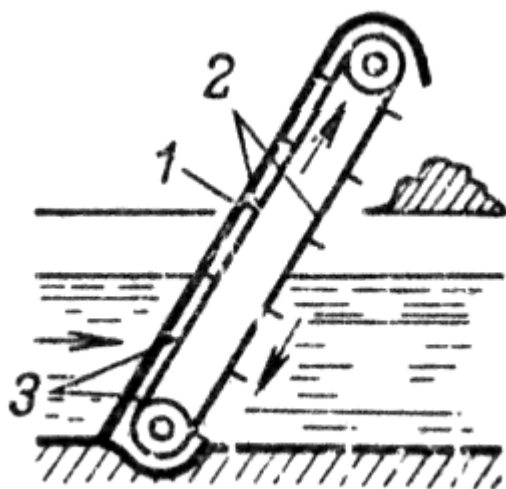


Рис. 4.3 Решетка с граблями для очистки:
1 – решетка, 2 –
волокнуловитель, 3 -

неподвижные решетки, которые изготавливают из металлических стержней с зазором между ними 5-25 мм и устанавливают на пути движения сточного потока вертикально или под углом 60-70° к горизонту. При эксплуатации решетки должны периодически или непрерывно очищаться. Механизированная очистка решеток (грабли 3) предусматривается при более чем 0,004 м³/ч задерживаемых

загрязнений, а при меньших объемах допускается ручная очистка. Во избежание затруднений с очисткой решеток такие устройства созданы в форме цилиндрического барабана. Средний размер измельченных ими примесей не превышает 10 мм. Преимущество решеток-дробилок заключается в том, что они размещаются непосредственно в канале коллектора.

Для удаления более мелких взвесей, а также ценных продуктов применяют сита, которые могут быть двух типов: барабанные и дисковые. Сито барабанного типа представляет собой сетчатый барабан с отверстиями 0,5-1 мм. При вращении барабана сточная вода фильтруется через его внешнюю или внутреннюю поверхность в зависимости от подвода воды - снаружи или внутри. Задерживаемые примеси смываются с сетки водой и отводятся в желоб. Производительность сита зависит от диаметра барабана и его длины, а также от свойств примесей.

Отстаивание - удаление из сточных вод взвешенных веществ, которые под действием гравитационных сил оседают на дно отстойника, а под воздействием выталкивающих сил всплывают на его поверхность. Очистку сточных вод отстаиванием осуществляют в песколовках, отстойниках, осветлителях и нефтеуловителях.

Для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей (в основном песка) применяют **песколовки** (рис. 4.4),

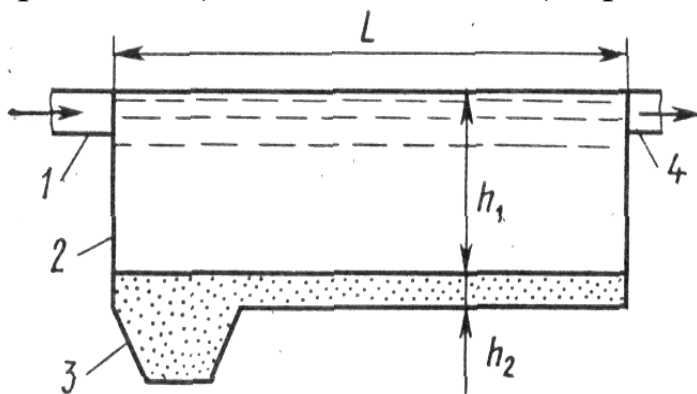


Рис. 4.4. Схема горизонтальной песколовки: 1 – входной патрубок, 2 – корпус песколовки, 3 – шламосборник, 4 – выходной

резервуары из сборного или монолитного железобетона, рассчитываются так, чтобы в них фильтровались только минеральные примеси. Выпавший осадок собирается в приямок и удаляется либо в песковые бункеры, либо на песковые площадки.

которые устанавливают перед отстойниками, что упрощает эксплуатацию последних, а также сооружений по обработке осадка. Время пребывания сточных вод в песколовке составляет 0,5-2 мин.

Песколовки, представляющие собой горизонтальные (прямоугольные или круглые в плане)

При надежном обеззараживании обезвоженный песок можно использовать при дорожных работах и изготовлении строительных материалов.

Конструктивно **отстойники** делятся на вертикальные и горизонтальные (разновидностью последних являются радиальные). Горизонтальные отстойники внешне похожи на горизонтальные песколовки (рис.4.4), но время пребывания сточных вод в них значительно больше. Основная масса взвешенных веществ (40-60%) выпадает в осадок в течение 1,5 ч отстаивания. Чаще всего именно на это время и рассчитывается емкость отстойников. Вертикальные отстойники диаметром 4,5-9 м и высотой отстойной части 3 м применяют при расходах сточных вод до 10 тыс. м³ в сутки. При расходах более 10 тыс. м³ в сутки используют горизонтальные или радиальные отстойники. Размеры горизонтальных отстойников: длина 24-36 м, рабочая глубина 3-4 м, диаметр радиальных отстойников 18-54 м. Эффективность отстойников можно повысить, увеличив скорость осаждения частиц путем их укрупнения коагуляцией и флокуляцией или уменьшив вязкость сточной воды путем ее подогрева.

В **осветлителях** одновременно с отстаиванием происходит фильтрация сточных вод через слой взвешенных частиц.

Для **очистки сточных вод от нефтепродуктов** при концентрации более 100 мг/л применяют **нефтеловушки**. Эти сооружения представляют собой прямоугольные резервуары, аналогичные горизонтальным отстойникам, в которых нефтепродукты и вода разделяются из-за разности их плотностей. Всплывшая на поверхность нефть собирается и удаляется на утилизацию.

Фильтрация - удаление взвешенного вещества из массы воды путем пропускания ее через слой пористого материала или через сетки с определенным размером отверстий. С помощью

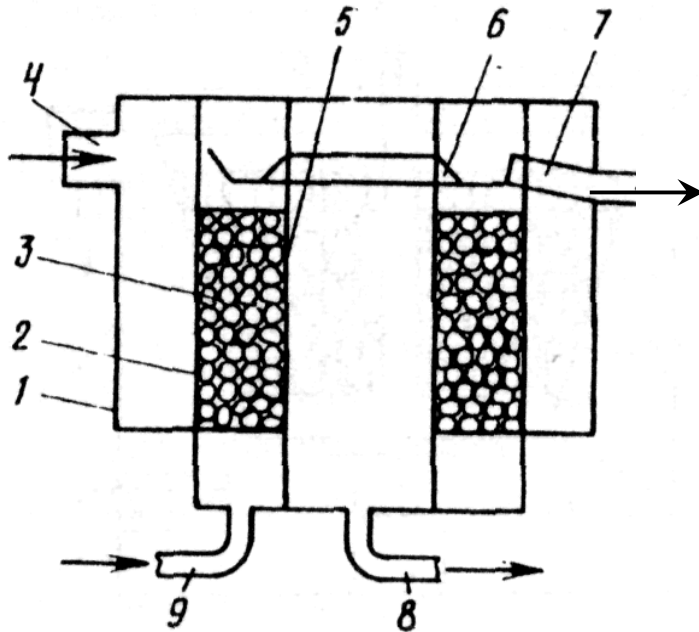


Рис. 4.5. Схема зернистого фильтра: 1 – корпус, 2 – пористая перегородка, 3 – фильтрующая загрузка, 4 – входной трубопровод, 5 – пористая перегородка, 6 – желоб, 7 – трубопровод, 8 – выпускной трубопровод, 9 – трубопровод сжатого воздуха

с помощью фильтрации очищают сточные воды, содержащие тонкодисперсные твердые примеси в небольшой концентрации. Его также применяют после физико-химических и биологических методов очистки, так как некоторые из них сопровождаются выделением в очищаемую жидкость механических загрязнений.

Для очистки сточных вод фильтрованием применяют в основном два типа фильтров: зернистые (рис.4.5), в которых сточную воду

пропускают через насадки несвязанных пористых материалов, и микрофильтры, фильтрующие элементы которых изготавливают из связанных пористых материалов (сеток, натуральных и синтетических тканей, спеченных металлических порошков).

Для очистки от мелкодисперсных твердых примесей больших расходов сточных вод применяют **зернистые фильтры** (рис. 4.5). Сточная вода по трубопроводу 4 поступает в корпус 1 фильтра и проходит через фильтрующую загрузку 3 (например, из частиц мраморной крошки), расположенную между пористыми перегородками 2 и 5. Очищенная от твердых частиц сточная вода скапливается в объеме, ограниченном пористой перегородкой 5, и выводится из фильтра через трубопровод 8. По мере осаждения твердых частиц в фильтрующем материале перепад давлений на

фильтре увеличивается и при достижении предельного значения перекрывается входной трубопровод 4 и по трубопроводу 9 подается сжатый воздух. Он вытесняет из фильтровального слоя 3 воду и твердые частицы в желоб 6, которые затем по трубопроводу 7 выводятся из фильтра. Достоинством конструкции фильтра является развитая поверхность фильтрования, а также простота конструкции и высокая эффективность.

В настоящее время для **очистки сточных вод от маслопродуктов** широко используют фильтры с фильтровальным материалом из частиц пенополиуретана. Пенополиуретановые

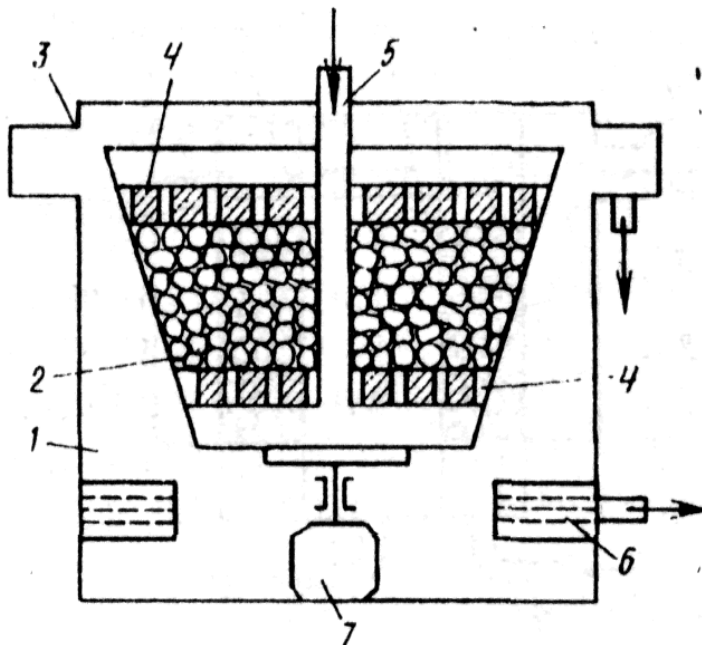


Рис. 4.6. Схема фильтра-сепаратора:
 1 – корпус, 2 – ротор, 3 – карманы, 4 – опорная решетка, 5 – трубопровод, 6 – кольцевой карман, 7 – электродвигатель

частицы, обладающей большой маслопоглощающей способностью, обеспечивают эффективность очистки до 0,97-0,99 при скорости фильтрования до 0,01 м/с. При этом насадка из пенополиуретана легко регенерируется при механическом выжимании маслопродуктов.

На рис. 4.6 представлена схема фильтра-сепаратора с фильтровальной загрузкой из частиц пенополиуретана, предназначенного для очистки сточных вод от маслопродуктов и твердых частиц. Сточную воду по трубопроводу 5 подают на нижнюю опорную решетку 4. Затем вода проходит через фильтровальную загрузку в роторе 2, верхнюю решетку 4 и очищенная от примесей переливается в приемный кольцевой карман 6 и выводится из корпуса 1. При концентрации маслопродуктов и твердых частиц до 0,1 кг/м³ эффективность очистки составляет соответственно 0,92 и 0,9. Время непрерывной эксплуатации фильтра 16-24 часа. При включении

электродвигателя 7 начинает вращаться ротор 2 с фильтровальной загрузкой. Под действием центробежных сил частицы пенополиуретана отбрасываются к внутренним стенкам ротора, выжимая из них маслопродукты, которые, поднимаясь вверх, поступают в карманы 3 и направляются на регенерацию.

Центрифугирование - процесс очистки сточных вод в гидроциклонах, которые по своей конструкции могут быть открытыми (безнапорными) (рис.4.7) и напорными (рис. 4.8). Принцип действия гидроциклонов основан на сепарации частиц твердой фазы во вращающемся потоке жидкости под действием центробежных сил. Преимущества гидроциклонов заключаются в высокой удельной производительности, сравнительно низких капитальных затратах на строительство, компактности и возможности автоматизации их работы.

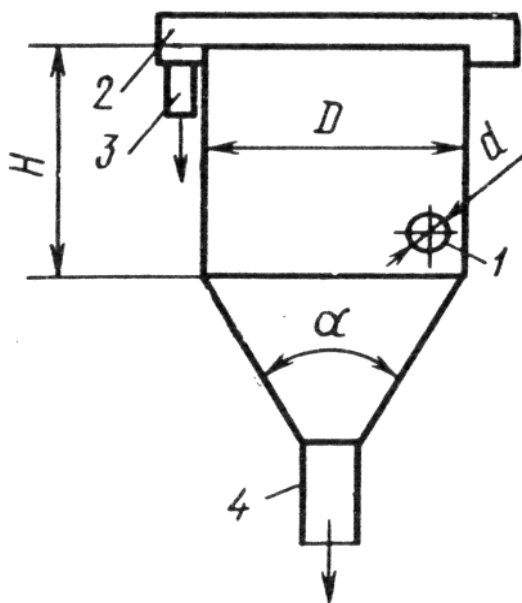


Рис. 4.7. Схема открытого гидроциклона:

- 1 – входной патрубок,**
- 2 – кольцевой водослив,**
- 3 – выпускная труба,**
- 4 – шламоотводящая труба**

цилиндрической части гидроциклона от 2 до 6 м, диаметр входного отверстия $d=0,1D$ (при одном отверстии), а при двух входных отверстиях диаметр каждого $d = 0,0707D$. Угол конической части обычно составляет 60° .

На рис.4.7 представлена схема открытого гидроциклона. Сточную воду по входному патрубку 1 подают в корпус гидроциклона тангенциально. При этом образуется вихревое движение потока вверх. Очищенная вода поступает вверх и через кольцевой водослив 2 удаляется через выпускную трубу 3. Отделенные за счет центробежных сил твердые примеси сбрасываются через шламоотводящую трубу 4.

Открытые гидроциклоны, по производительности, существенно превосходящие отстойники, применяют для выделения из сточных вод оседающих и всплывающих веществ. Диаметр D и высота H

Производительность открытого гидроциклона:

$$Q = 3,4VD^2,$$

где V - скорость воды на входе в гидроциклон, м/с; D - диаметр цилиндрической части гидроциклона, м.

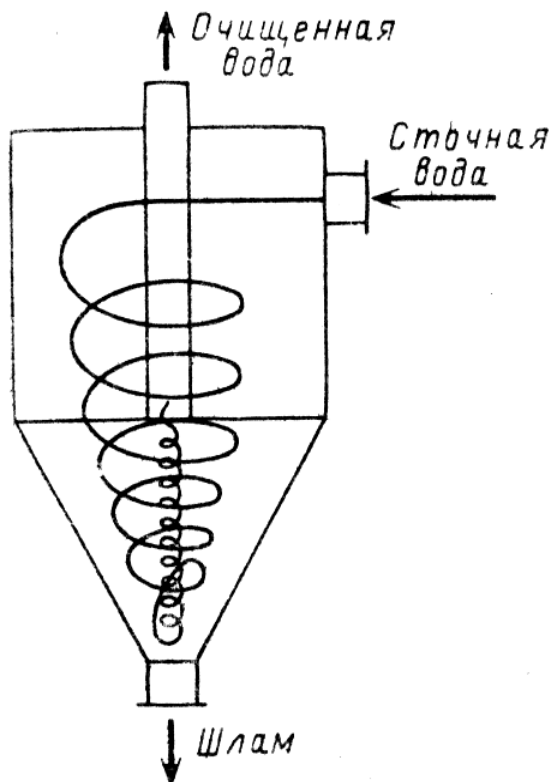


Рис. 4.8. Схема напорного гидроциклона

Напорные гидроциклоны, изготавливаемые из нержавеющей стали, применяют для выделения из сточных вод примесей минерального происхождения, плотность которых значительно отличается от плотности воды. Они состоят из цилиндрической части диаметром от 25 до 500 мм и конической. Сточная вода подается под давлением 0,15...0,4 МПа.

Производительность напорного гидроциклона

$$Q = kDd\sqrt{2\Delta p/\rho},$$

где k - опытный коэффициент, равный 0,524 для гидроциклонов с диаметром цилиндрической части $D=0,125-0,6$ м и углом

конической части 30° ; d - диаметр входного отверстия, м; Δp - перепад давлений между сливным и входным патрубками, Па; ρ - плотность сточной воды, кг/м³.

Для повышения производительности гидроциклоны малого диаметра объединяют в общий агрегат, в котором они работают параллельно. Такие агрегаты называют **мультигидроциклонами**. Напорные гидроциклоны - надежные и высокопроизводительные аппараты, но их недостатком являются большой расход электроэнергии и быстрый износ стенок в связи с абразивностью извлекаемых веществ.

4.3.8. Физико-химические методы очистки сточных вод

Эти методы используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц (твердых и жидких), растворимых газов, минеральных и органических веществ. Они применяются как самостоятельные, так и в сочетании с механическими и биологическими методами. В последние годы область применения физико-химических методов очистки расширяется, причем они наиболее эффективны при локальной очистке сточных вод промышленных предприятий.

Коагуляция - процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия с коагулянтами, которые в воде образуют хлопья гидроксидов металлов. Хлопья, обладая способностью улавливать коллоидные и взвешенные частицы и агрегировать их, быстро оседают под действием силы тяжести на дно резервуара.

Коагуляция наиболее эффективна для удаления из сточных вод эмульгированных веществ и тонкодисперсных частиц размером 1-100 мкм. Эффективность очистки может достигать 0,9-0,95. Наибольшее применение в качестве коагулянтов получили сульфат алюминия, гидроксохлорид алюминия и хлорид железа. Их расход составляет 0,1-5 кг на кубометр сточных вод.

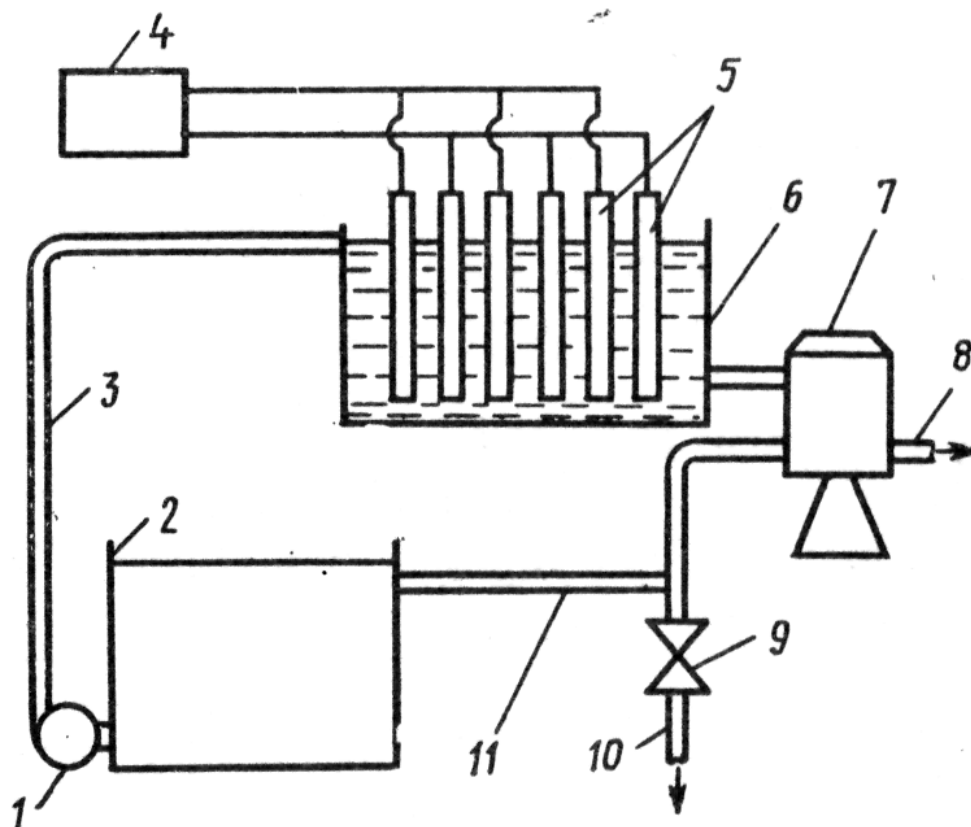


Рис. 4.9. Схема электрокоагуляционной установки для очистки сточных вод: 1 – насос, 2 – ванна со сточной водой, 3 – трубопровод, 4 – выпрямитель, 5 – электроды, 6 – проточный электролизер, 7 – центрифуга, 8 – трубопровод, 9 – вентиль, 10 – трубопровод, 11 – трубопровод

Весьма перспективным методом очистки сточных вод гальванических и травильных отделений от хрома и других тяжелых металлов, а также от цианидов является **электрокоагуляция** - процесс образования нерастворимых гидроксидов в сточных водах при их прокачке через электрокоагулятор. Электрокоагуляционная установка (рис. 4.9) работает следующим образом. Поступающие на очистку сточные воды подвергаются предварительной очистке от грубых механических примесей в приемных емкостях. Сточная вода из промывной ванны 2 насосом 1 по трубопроводу 3 поступает в проточный электролизер 6, в котором расположены электроды 5, как правило выполняемые из стали или алюминия и питающиеся напряжением 12-24 В от выпрямителя 4.

Под влиянием электрического поля, с одной стороны, дисперсные системы сточных вод становятся менее устойчивыми, а с другой - они коагулируют с труднорастворимыми гидроксидами железа или алюминия, возникающими и переходящими в воду с

электродов. Затем сточная вода поступает в центрифугу 7, в которой происходит отделение гидроксидов железа или алюминия и удаление их через трубопровод 8. Очищенная вода через вентиль 9 удаляется по трубопроводу 10. При закрытом вентиле 9 вода поступает для повторного использования в промывных ваннах.

Несмотря на повышенный расход электроэнергии, электрокоагуляционный метод очистки сточных вод позволяет перейти на оборотное водоснабжение, так как в результате действия электрического поля вода практически полностью очищается от бактерий.

Флокуляция - процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых **флокулянтами**. Природные флокулянты – крахмал, декстрин, эфиры целлюлозы; синтетические – полиакриламид (ПАА). В отличие от коагуляции при флокуляции агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия молекул адсорбированного на частицах флокулянта. При этом процесс образования хлопьев гидроксидов алюминия и железа интенсифицируется для повышения скорости их осаждения. Таким образом, введение флокулянтов в сточные воды позволяет, с одной стороны, снизить массу используемых коагулянтов, а с другой - уменьшить продолжительность процесса хлопьеобразования и повысить скорость их осаждения.

Флотация применяется для очистки производственных сточных вод, содержащих ПАВ, нефть, нефтепродукты, масла, волокнистые частицы. Сам процесс флотации заключается в образовании в толще воды газовых пузырьков (чаще воздушных), прилипанию частиц к поверхности раздела газовой и жидкой фаз, всплывании этих комплексов на поверхность обрабатываемой сточной жидкости и удалении образовавшегося пенного слоя.

Различают следующие методы флотационной обработки сточной воды:

- перенасыщение сточной воды воздухом;
- механическая флотация;
- электрофлотация.

Флотацию за счет перенасыщения сточной воды воздухом подразделяют на вакуумную, напорную и пневматическую. При **вакуумной флотации** сточную воду предварительно насыщают воздухом при атмосферном давлении в аэрационной камере, а затем направляют во флотационную камеру, где вакуум-насосом

поддерживается разрежение 30-40 кПа (225-300 мм рт. ст.). Выделяющиеся в верхнюю часть камеры пузырьки воздуха выносят загрязнения на поверхность воды. Процесс флотации длится около 20 мин. Концентрация взвешенных частиц не должна превышать 300 мг/л.

Напорная флотация протекает в две стадии: насыщение сточной воды воздухом под избыточным давлением и последующее резкое снижение давления до атмосферного. Напорные флотационные установки позволяют обрабатывать сточные воды с начальной концентрацией загрязнений до 5 г/л при производительности от 5 до 2000 м³/ч. Давление в напорной емкости поддерживают в пределах 0,17-0,39 МПа, время пребывания сточной воды в напорной емкости 14 мин, а во флотационной камере -10-20 мин. Объем подаваемого воздуха составляет 1,5-5% объема очищаемой воды. В ряде случаев сточную воду насыщают кислородом или озоном. Всплывающая масса непрерывно удаляется механизмом для сгребания пены в пеносборник.

На рис.4.10 представлена схема **флотационной пневматической установки**, предназначенной для **очистки сточных вод от маслопродуктов**, поверхностно-активных и органических веществ, а также от взвешенных частиц малых размеров.

Сточная вода по трубопроводу 1 и отверстия в нем равномерно поступает во флотатор 10. Одновременно по трубопроводу 2 подается сжатый воздух, который через насадки 11 из пористого материала в виде мельчайших пузырьков равномерно распределяется по сечению флотатора. В процессе всплывания пузырьки воздуха обволакивают частицы маслопродуктов, поверхностно-активных веществ и мелких твердых частиц, увеличивая скорость их всплывания.

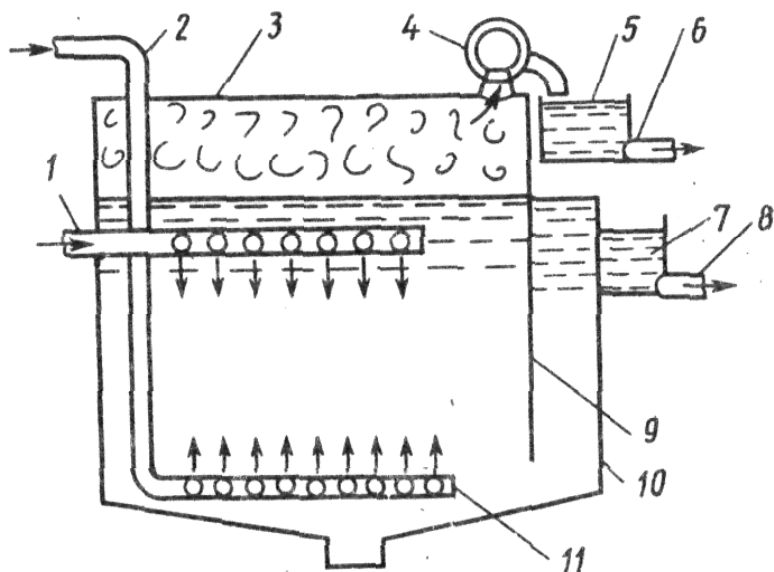


Рис. 4.10. Схема пневматической флотационной установки

Образуемая таким образом пена скапливается между зеркалом воды и крышкой 3 флотатора, откуда она отсасывается центробежным вентилятором 4 в пеносборник 5 и через трубопровод 6 направляется для обработки пены и извлечения из нее маслопродуктов. В процессе

вертикального движения сточной воды во флотаторе содержащийся в воздухе кислород окисляет органические примеси, а при малой их концентрации имеет место насыщение воды кислородом. Очищенная таким образом сточная вода огибает вертикальную перегородку 9 и сливается в приемник 7 очищенной воды, откуда по трубопроводу 8 подается для дальнейшей обработки.

Для **механической флотации** используют импеллеры (турбины насосного типа) (рис.4.11), форсунки и пористые пластины.

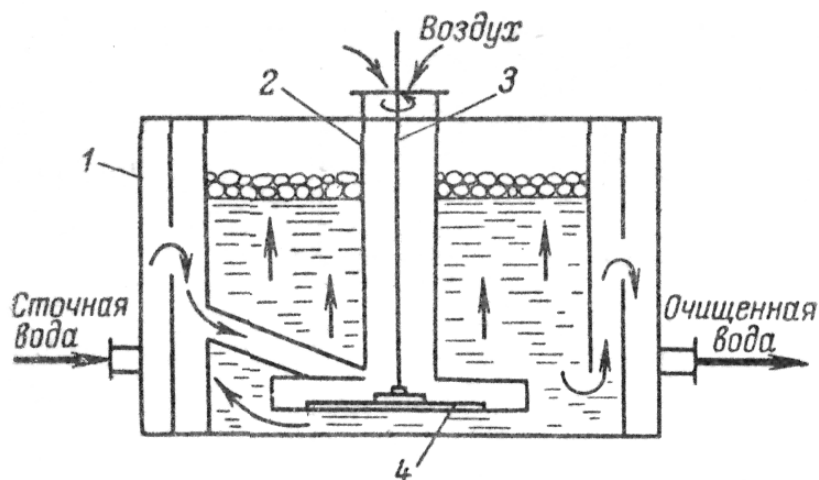


Рис. 4.11. Схема механического флотатора с импеллером: 1 – камера, 2 – труба,

Суть метода **электрофлотации** состоит в том, что в процессе электролиза воды выделяющиеся на электродах пузырьки газов (водорода и кислорода) сталкиваются со взвешенными частицами, прилипают к ним и

флотируют их на поверхность жидкости. Основную роль в процессе флотации частиц выполняют, как правило, пузырьки водорода, выделяющиеся с поверхности катода. Эффективность процесса флотационной очистки связана с числом и размером пузырьков.

Адсорбцию применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если эти вещества биологически не разлагаются или являются сильно токсичными при небольшой их концентрации. Адсорбционная очистка может быть регенеративной, т.е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и деструктивной, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом. Эффективность адсорбционной очистки достигает 0,8-0,95. В качестве адсорбентов используют активированные угли, синтетические вещества и некоторые отходы производства (зола, шлаки, торф, опилки и т.д.).

Процесс адсорбционной очистки сточной воды ведут при интенсивном перемешивании адсорбента с водой или фильтрованием воды через слой адсорбента.

Ионный обмен - обмен ионами, находящимися в растворе и присутствующими на поверхности твердой фазы (ионита), позволяет извлекать и утилизировать из сточных вод ценные примеси (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь, ртуть) и радиоактивные вещества. При этом сточная вода может быть очищена до предельно допустимых концентраций вредных веществ и использоваться в технологических процессах или системах оборотного водообеспечения. Иониты, которые способны поглощать из воды положительные ионы, называются катионитами, отрицательные ионы - анионитами. Первые обладают кислотными свойствами, вторые - основными. Иониты бывают неорганическими (минеральными) и органическими, природного происхождения или полученными искусственно. Наиболее распространены синтетические ионообменные смолы, представляющие синтетические полимеры с сетчатой структурой. Они отличаются высокой поглотительной способностью, механической прочностью, химической устойчивостью и большой гидрофильностью. Применение ионитов позволяет обеспечить

высокую эффективность очистки, а также выделять из сточных вод металлы в виде относительно чистых и концентрированных солей.

Экстракция - способ разделения и извлечения из жидкости компонентов смеси. Метод основан на перераспределении примесей сточных вод в двух взаимно нерастворимых жидкостях. С помощью жидкостной экстракции очищают сточные воды от фенолов, масел, жирных кислот и др. Целесообразность использования экстракции для очистки сточных вод определяется концентрацией органических примесей в них. Экстракция выгоднее адсорбции при концентрациях примесей выше 3-4 г/л.

Очистка сточных вод экстракцией состоит из трех стадий. Первая - интенсивное смешивание сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), в результате чего образуются две жидкие фазы: экстракт (содержит извлекаемое вещество и экстрагент), и рафинат (содержит сточную воду и экстрагент). Вторая стадия - разделение экстракта и рафината. Заключительная стадия - регенерация экстрагента из экстракта и рафината. Для экстракции из сточных вод фенолов применяют простые и сложные эфиры, а нефтепродуктов - бензол. Эффективность экстракционных методов очистки сточных вод достигает 0,8-0,95.

Для очистки сточных вод от различных растворимых диспергированных примесей **электрохимическими методами** применяют процессы анодного окисления и катодного восстановления, а также электродиализ. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока. В процессе электрохимического окисления вещества (цианиды, амины, альдегиды, нитросоединения и т.д.), находящиеся в сточных водах, полностью разлагаются, образуя CO_2 , NH_3 и воду или более простые и нетоксичные вещества, которые можно удалять другими методами. При катодном восстановлении из сточных вод удаляются ионы тяжелых металлов, которые осаждаются на катоде и могут быть рекуперированы.

Ректификация – разделение многокомпонентных жидких смесей на практически чистые компоненты. Ректификация основана на многократной дистилляции. Осуществляется в специальных аппаратах – ректификационных колоннах.

Дистилляция – разделение многокомпонентных жидких смесей на отличающиеся по составу фракции путем частичного испарения смеси и конденсации образующихся паров.

Дезодорация – очистка дурнопахнущих сточных вод достигается различными способами (озонирование, вентиляция и т.д.).

Гиперфльтрация - **обратный осмос** реализуется разделением растворов путем фильтрования сточных вод через мембраны, поры которых размером около 1 нм пропускают молекулы воды, но задерживают гидратированные ионы солей и молекулы иных соединений. Фильтрат имеет высокую степень очистки, а примеси легко утилизируются.

Для обратного осмоса используют ацетатцеллюлозные, полиамидные и тому подобные полимерные мембраны с ресурсом работы 1-2 года.

4.3.9. Химические методы очистки сточных вод

Все эти методы связаны с расходом различных реагентов и потому дороги. Их применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения, а иногда и для дополнительной очистки сточных вод до или после биологической очистки. С помощью химической очистки наиболее часто удаляют ионы тяжелых металлов. К основным методам химической очистки относят нейтрализацию и окисление.

Нейтрализация применяется во многих отраслей промышленности для обработки производственных сточных вод, содержащих щелочи и кислоты. В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять для предупреждения коррозии материалов водоотводящих сетей и очистных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и водоемах. На практике применяют следующие способы:

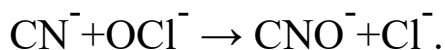
- взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод (щелочь нейтрализует кислоту и наоборот);
- нейтрализация реагентами (растворы кислот, негашеная известь, гашеная известь, кальцинированная сода, аммиак и др.);
- фильтрование через нейтрализующие материалы (известь, известняк, доломит, магнезит, мел и др.).

Для очистки сточных вод **окислением** используют газообразный и сжиженный хлор (**хлорирование**), диоксид хлора, фторат кальция, гипохлориды кальция и натрия, перманганат калия,

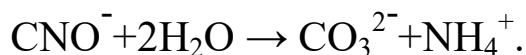
кислород воздуха, озон, пероксид водорода, бихромат калия и др. В процессе окисления токсичные загрязнения, содержащиеся в сточных водах, в результате химических реакций становятся менее токсичными и затем удаляются из воды. Очистка окислителями связана с большим расходом реагентов, поэтому ее применяют только тогда, когда вещества (например, цианиды, растворенные соединения мышьяка и др.), загрязняющие сточные воды, нецелесообразно или нельзя извлечь другими способами.

Активность реагента как окислителя определяется значением окислительного потенциала, который, например, для перманганата калия равен 0,59, для пероксида водорода - 0,68, для хлора - 0,94 и для озона - 2,07.

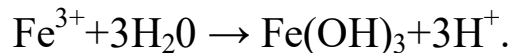
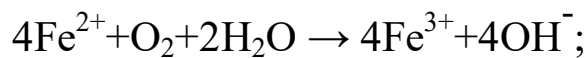
Для окисления цианидов, сероводорода, гидросульфида используют хлор и его соединения. При этом образуется свободный активный хлор, который представляет сумму $\text{Cl} + \text{HOCl} + \text{OCl}^-$. Окисление цианидов активным хлором до цианатов происходит в момент выделения атомарного кислорода из окислителя по следующей схеме:



Образовавшиеся цианаты легко гидролизуются до карбонатов:



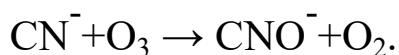
Окисление кислородом воздуха (аэрация) наиболее часто используют для очистки воды от двухвалентного железа путем аэрирования воздуха через сточную воду. Реакция окисления двухвалентного железа в трехвалентное с последующим отделением от воды гидроксида железа протекает по схеме:



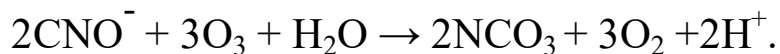
Образовавшийся гидроксид железа отстаивают в контактном резервуаре, а затем отфильтровывают.

Озонирование основано на высокой окислительной способности озона, который при нормальной температуре разрушает многие органические компоненты сточных вод. При этом одновременно происходят обесцвечивание и обеззараживание сточной воды, а также насыщение ее кислородом.

При подаче озона в сточную воду ионы цианида окисляются в соответствии с уравнением:



Образовавшиеся цианиты окисляются в соответствии с уравнением:



Длительность процесса очистки сточных вод значительно сокращается при совместном использовании ультразвука и озона или ультрафиолетового облучения и озона.

Очистку восстановлением используют тогда, когда сточные воды содержат легко восстанавливаемые вещества. Эти методы широко употребляются для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка. Так, для восстановления ртути и ее соединений предложено применять сульфид железа, боргидрид и гидросульфит натрия, гидразин, железный порошок, алюминиевую пудру и др.

4.3.10. Биохимические методы очистки сточных вод

Эти методы применяют для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от многих растворенных органических и некоторых неорганических (сероводорода, аммиака, сульфидов, нитритов и др.) веществ. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов использовать перечисленные вещества для питания в процессе жизнедеятельности - органические вещества для микроорганизмов являются источником углерода.

Биохимическая очистка сточных вод может протекать в аэробных (**биохимическое окисление**) и анаэробных (**биологическое разложение**) условиях.

Очистка в анаэробных условиях происходит под действием анаэробных микроорганизмов, в результате количество органических загрязнителей, содержащихся в сточной воде, уменьшается благодаря превращению их в газы (метан, диоксид углерода) и растворенные соли, а также росту биомассы анаэробных растений. Распад осуществляется в две фазы: сначала органическое вещество превращается в органические кислоты и спирты (первая группа микроорганизмов), а затем органические кислоты и спирты - в метан и диоксид углерода (вторая группа микроорганизмов).

Процесс в целом зависит от поддержания благоприятных для обеих групп микроорганизмов среды, и, следовательно, равновесие

между фазами должно быть таким, чтобы кислоты удалялись с той же скоростью, с которой они образуются.

Анаэробный метод используют в основном для сбраживания избыточного активного ила, образующегося при аэробной очистке.

Очистка в аэробных условиях происходит в присутствии растворенного в воде кислорода, представляя собой модификацию протекающего в природе естественного процесса самоочищения водоемов. Для биоочистки промышленных сточных вод наиболее применяются **аэротенки** с использованием активного ила. Активный ил создается за счет взвешенных частиц, не задержанных при отстаивании, и за счет коллоидных веществ с размножающимися на них микроорганизмами. Активный ил в аэрируемой жидкости значительно ускоряет процессы окисления и создает условия для процессов адсорбции органических веществ.

Разрушение органических веществ до углекислого газа и других безвредных продуктов окисления происходит вследствие биоценоза, т.е. комплекса всех бактерий и простейших микроорганизмов, развивающихся в данном сооружении. Потребление микроорганизмами органических составляющих сточных вод происходит в три стадии:

- массопередача органического вещества и кислорода из жидкости к поверхности клетки;
- диффузия вещества и кислорода через полупроницаемую мембрану клетки;
- метаболизм диффундированных продуктов, сопровождающийся приростом биомассы, выделением энергии, диоксида углерода и т.д.

Интенсивность и эффективность биологической очистки сточных вод определяются скоростью размножения бактерий.

Биологическая очистка загрязненных вод может осуществляться в естественных или искусственных условиях. В естественных условиях используют специально подготовленные участки земли (поля орошения и фильтрации) или биологические пруды. Они представляют собой земляные резервуары глубиной 0,5-1 м, в которых происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов.

Поля орошения - специально подготовленные земельные участки, используемые одновременно для очистки сточных вод и агрокультурных целей, т.е. для выращивания зерновых и силосных

культур, трав, овощей, а также для посадки кустарников и деревьев. Поля фильтрации предназначены только для биологической очистки сточных вод.

Биологические пруды предназначены для биологической очистки и для доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Их выполняют в виде каскада прудов, состоящих из 3-5 ступеней. Процесс очистки сточных вод реализуется по следующей схеме: бактерии используют для окисления загрязнений кислород, выделяемый водорослями в процессе фотосинтеза, а также кислород из воздуха. Водоросли, в свою очередь, потребляют диоксид углерода, фосфаты и аммонийный азот, выделяемый при биохимическом разложении органических веществ. Поэтому для нормальной работы прудов необходимо соблюдать оптимальные значения рН и температуру сточной воды. Температура должна быть не менее 6°C, в связи с чем в зимнее время пруды не эксплуатируются.

Различают пруды с естественной и искусственной аэрацией. Глубина прудов с естественной поверхностной аэрацией, как правило, не превышает 1 м. При искусственной аэрации прудов с помощью механических аэраторов или продувки воздуха через толщу воды их глубина увеличивается до 3 м. Применение искусственной аэрации ускоряет процессы очистки воды. Следует указать и недостатки прудов: низкая окислительная способность, сезонность работы, потребность в больших территориях.

Поля орошения и биологические пруды располагают на местности, имеющей уклон ступенями для того, чтобы вода самотеком Переливалась с одного участка на другой. Очистка от загрязнений происходит в процессе фильтрации вод через почву, в которой задерживаются взвешенные и коллоидные частицы, образуя в порах грунта микробиальную пленку. В глубокие слои почвы проникновение кислорода затруднено, поэтому наиболее сильное окисление происходит в верхних слоях почвы, т.е. на глубине до 0,2-0,4 м.

Сооружения для искусственной биологической очистки по признаку расположения в них активной биомассы можно разделить на две группы:

- активная биомасса находится в обрабатываемой сточной воде во взвешенном состоянии (аэротенки, окситенки);

- активная биомасса закрепляется на неподвижном материале, а сточная вода обтекает его тонким пленочным слоем (биофильтры).

На рис.4.12 представлена обобщенная схема установки для биологической очистки.

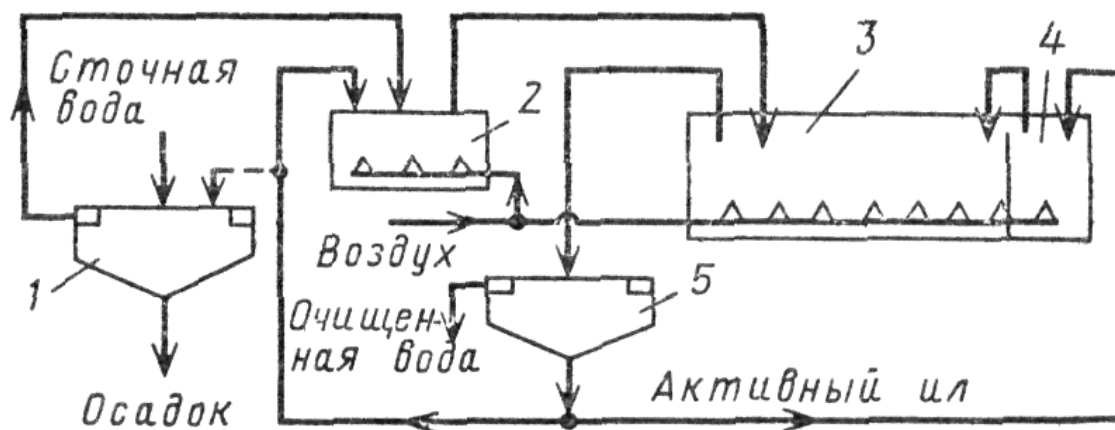


Рис. 4.12. Схема установки для биологической очистки:
1 - первичный отстойник; 2 – предаэратор; 3 – аэротенк;
4 – регенератор; 5 – вторичный отстойник

Аэротенки представляют собой железобетонные резервуары, прямоугольные в плане, разделенные перегородками на отдельные коридоры.

В общем виде аэротенки работают по следующей схеме. Сточная вода после сооружений механической очистки 1 смешивается с возвратным активным илом (биоценозом) в предаэраторах 2 и, последовательно пройдя по коридорам аэротенка 3, поступает во вторичный отстойник 5. Время нахождения в аэротенке обрабатываемой сточной воды в зависимости от ее состава колеблется от 6 до 12 ч. За это время основная масса органических загрязнений перерабатывается биоценозом активного ила.

Наличие регенератора позволяет очищать более концентрированные сточные воды и увеличивать производительность агрегата.

Для поддержания активного ила во взвешенном состоянии, интенсивного его перемешивания и насыщения обрабатываемой смеси кислородом воздуха в аэротенках устраиваются различные системы аэрации (чаще механические или пневматические).

Из аэротенков смесь обработанной сточной воды и активного ила поступает во вторичный отстойник, откуда осевший на дно

активный ил с помощью специальных устройств (илоотсосов) отводится в резервуар насосной станции, а очищенная сточная вода либо поступает на дальнейшую доочистку, либо дезинфицируется.

В процессе биологического окисления происходит прирост биомассы активного ила. Для создания оптимальных условий ее жизнедеятельности избыток ила выводится из системы и направляется в сооружения по обработке осадка, а основная часть в виде возвратного активного ила снова возвращается в аэротенк.

Концентрация иловой массы в аэротенке (доза ила по сухому веществу) составляет 2-5 г/л; расход воздуха 5-15 м³ на 1 м³ сточной воды; нагрузка по органическим загрязнениям 400...800 мг на 1 г беззольного активного ила в сутки. При этих условиях обеспечивается полная биологическая очистка.

Комплексы очистных сооружений, в состав которых входят аэротенки, имеют производительность от нескольких десятков до 2-3 млн. м³ сточных вод в сутки.

Вместо воздуха для пневматической аэрации сточных вод может подаваться чистый кислород. Для такого процесса используют **окситенки**, несколько отличные по конструкции от аэротенков. Окислительная способность окситенков в 3 раза выше.

На рис.4.13 показана схема секционного окситенка.

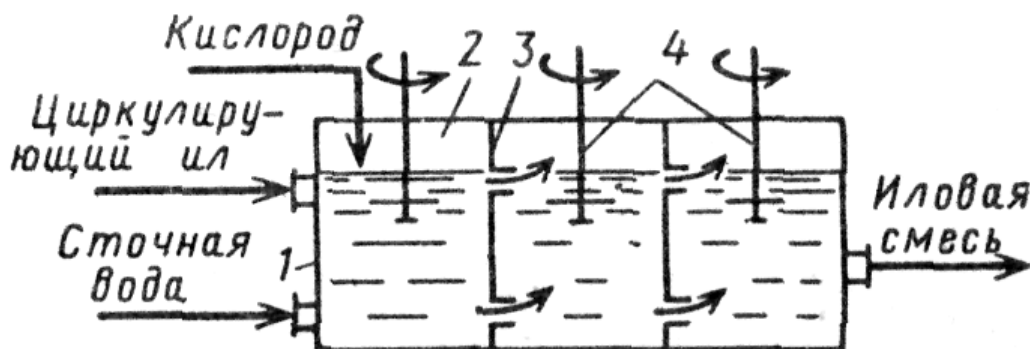


Рис.4.13. Секционный окситенк:
1 – корпус, 2 – секция, 3 – перегородка,
4 - механические аэраторы

Биофильтры (рис. 4.14) находят широкое применение при сточных расходах бытовых и производственных сточных вод до 20-30 тыс. м³ в сутки. Важнейшей составной частью биофильтров является загрузочный материал. По типу загрузочного материала

их разделяют на две категории: с объемной и плоскостной загрузкой.

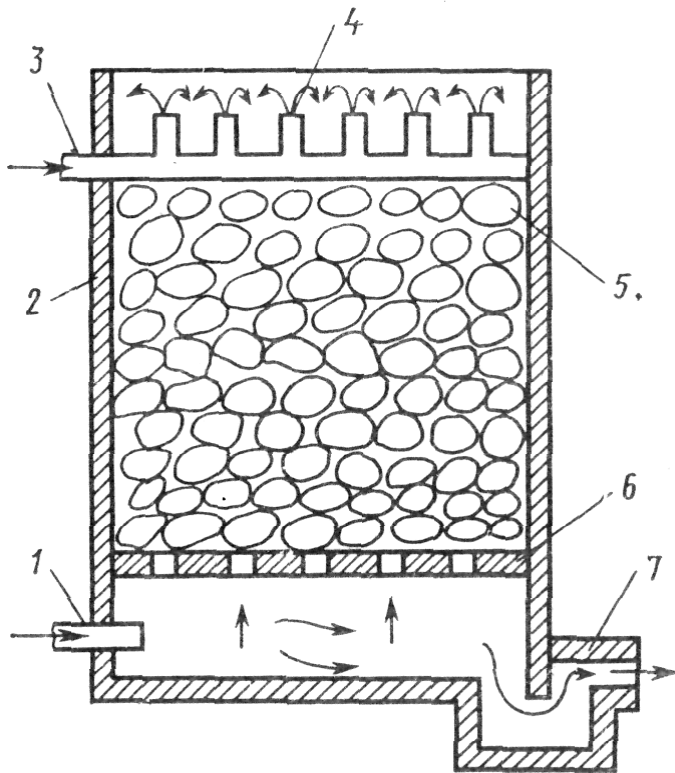


Рис. 4.14. Схема биологического фильтра

(рулонная ткань) блоков, которые монтируются в теле биофильтра слоем толщиной 8 м. Сточная вода, подаваемая по трубопроводу 3, через водораспределительные устройства 4 поступающая выше поверхности загрузочного материала 5, равномерно распределяется через него в фильтре 2. На поверхности материала образуется **биологическая пленка (биоценоз), аналогичная активному илу в аэротенке.** Загрузочный материал поддерживается решетчатым дном 6, сквозь отверстия которого обработанная сточная вода поступает на сплошное дно биофильтра и с помощью лотков 7 отводится из биофильтра во вторичный отстойник.

Интенсивность окисления органических примесей в пленке существенно повышается при подаче сжатого воздуха через трубопровод 1.

Биофильтры с объемной загрузкой эффективны при полной биологической очистке, при этом их производительность в зависимости от конструктивных особенностей составляет 200-800 г БПК (биологическая потребность воды в кислороде – количество

Биофильтры представляют собой резервуары круглой или прямоугольной формы в плане, которые заполняются загрузочным материалом. Объемный материал, состоящий из гравия, керамзита, шлака с крупностью фракций 15-80 мм, после сортировки фракций засыпается в резервуары слоем высотой 2-4 м. Плоскостной материал выполняется в виде жестких (кольцевых, трубчатых элементов из пластмасс, керамики, металла) и мягких

кислорода, необходимого для окисления всех примесей, содержащихся в единице объема воды) на 1 м³ объема загрузочного материала в сутки.

Биофильтры с плоскостной загрузкой также могут применяться для полной биологической очистки; в этом случае их производительность достигает 2 кг БПК на 1 м³ в сутки благодаря развитой поверхности загрузочного материала и благоприятным условиям циркуляции воздуха в загрузочном материале.

Биологическая очистка не обеспечивает полного уничтожения в сточных водах всех болезнетворных бактерий. Поэтому после нее воду дезинфицируют жидким хлором или хлорной известью, озонированием, ультрафиолетовым излучением, электролизом или ультразвуком.

Лекция № 7

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЗАЩИТА ЛИТОСФЕРЫ

5.1. Антропогенное воздействие на литосферу

Основные виды антропогенного воздействия на почву следующие:

- эрозия (ветровая и водная);
- загрязнение;
- вторичное засоление и заболачивание;
- опустынивание;
- отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Эрозия почв (от лат. *erosio* - разъедание) - разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (ветровой эрозией или дефляцией) или потоками воды (водной эрозией).

Настоящим бичом земледелия в РФ и в мире остаются **водная эрозия** (ей подвержен 31% суши) и **ветровая эрозия** (дефляция), активно действующая на 34% поверхности суши.

Эрозия оказывает существенное негативное влияние на состояние почвенного покрова, а во многих случаях разрушает его полностью. Падает биологическая продуктивность растений; снижаются урожаи и качество зерновых культур, хлопка, чая и др.

Интенсивность ветровой эрозии зависит от скорости ветра, устойчивости почвы, наличия растительного покрова, особенностей рельефа и от других факторов. Огромное влияние на ее развитие оказывают антропогенные факторы (уничтожение растительности, нерегулируемый выпас скота, неправильное применение агротехнических мер).

При продолжительных и очень сильных ветрах, скорость которых достигает 20—30 м/с и более, возникают пыльные бури.

Пыльные бури безвозвратно уносят самый плодородный верхний слой почв. В России пыльные бури неоднократно возникали в Нижнем Поволжье, на Нижнем Дону, на Северном Кавказе, в Башкирии и в других районах.

Среди различных форм проявления водной эрозии значительный вред окружающей природной среде, и в первую очередь почвам, приносит **овражная эрозия**. Овраги уничтожают ценные сельскохозяйственные земли, способствуют интенсивному смыву почвенного покрова, заиливают малые реки и водохранилища, создают расчлененный рельеф.

Поверхностные слои почв легко **загрязняются**. Большие концентрации в почве различных химических соединений - токсикантов пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от болезнетворных и других нежелательных микроорганизмов, что чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира.

Различные **почвенные загрязнения**, большинство из которых антропогенного характера, можно разделить по источнику их поступления в почву:

- с атмосферными осадками;
- осаждающиеся в виде пыли и аэрозолей;
- при непосредственном поглощении почвой газообразных соединений;
- с опавшими листьями и травой.

Основные загрязнители почвы:

- пестициды (ядохимикаты);
- минеральные удобрения;
- отходы и отбросы производства;
- газо-дымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- нефть и нефтепродукты.

Засоленных почв в России - 36 млн. га (18% общей площади орошаемых земель). Засоление почв ослабляет их вклад в поддержание биологического круговорота веществ. Исчезают многие виды растительных организмов, появляются новые растения-галофиты (солянка и др.). Уменьшается генофонд наземных популяций в связи с ухудшением условий жизни организмов, усиливаются миграционные процессы.

Заболачивание почв наблюдается в сильно переувлажненных районах, например в нечерноземной зоне России, на Западно-Сибирской низменности, в зонах вечной мерзлоты. Заболачивание ухудшает агрономические свойства почв и снижает производительность лесов.

Опустынивание - это процесс необратимого изменения почвы, растительности и снижения биологической продуктивности, который может привести к превращению территории в пустыню.

Всего в мире подвержено опустыниванию более 1 млрд. га практически на всех континентах.

На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, засоляются грунтовые воды, резко падает биологическая продуктивность, а следовательно, подрывается и способность экосистем восстанавливаться.

Процесс опустынивания обычно вызывается совокупным действием природы и человека. Особенно губительно это действие в аридных районах со свойственными им хрупкими, легко разрушающимися экосистемами. Такие виды хозяйственной деятельности, как чрезмерный выпас скота, вырубка деревьев, кустарников, распашка земель, мало пригодных для земледелия, и другие, нарушающие хрупкое равновесие в природе, многократно усиливают действие ветровой эрозии, иссушение верхних слоев почвы. При этом резко нарушается водный баланс, снижается уровень грунтовых вод, колодцы пересыхают; разрушается структура почв, усиливается их насыщение минеральными солями. Вследствие избыточной хозяйственной нагрузки сложно организованные бассейново-речные системы превращаются в примитивно организованные пустынные ландшафты. Опустынивание и опустошение могут возникнуть в любых климатических условиях как результат разрушения природной системы.

На территории СНГ опустыниванию подвержены Приаралье, Прибалхашье, Черные земли в Калмыкии и Астраханской области и некоторые другие районы. Все они относятся к зонам экологического бедствия, и их состояние продолжает ухудшаться.

Почвенный покров агроэкосистем необратимо нарушается при **отчуждении земель** для нужд несельскохозяйственного пользования: строительства промышленных объектов, городов, поселков;

для прокладки линейно-протяженных систем (дорог, трубопроводов, линий связи); при открытой разработке месторождений полезных ископаемых и т. д. Например, в России большое количество земель занято под водохранилища Волжского каскада, Дона, Западной и Восточной Сибири.

5.2. Загрязнение среды отходами производства и потребления

Основная причина загрязнения биосферы - это ресурсоемкие и загрязняющие технологии переработки и использования сырья, которые приводят к огромному накоплению отходов и к необходимости их утилизации.

Отходы - это продукты, которые образуются в процессе преобразования вещества и энергии при производственной и бытовой деятельности людей, но не являются их целью и не обладают полноценными потребительскими свойствами.

Ежегодно в России образуется около 7 млрд. т всех видов отходов, из которых используется лишь 28%.

На территории страны в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд. т твердых отходов, причем токсично из них более 1,4 млрд. т. Только под свалки и полигоны твердых бытовых отходов ежегодно официально отводится около 10 тыс. га земель.

Сконцентрированные в отвалах, терриконах, несанкционированных свалках отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв и растительности.

Все отходы подразделяют:

- на отходы потребления (или бытовые);
- отходы производства (или промышленные отходы).

Бытовые отходы (отходы потребления) могут находиться как в твердом, так и в жидком, а реже - в газообразном состоянии.

Твердые бытовые отходы (ТБО) - остатки, которые мы выбрасываем из домов, учреждений, офисов и обычно называем мусором (пищевые отбросы, пластмасса, бумага, стекло, кожа и др.). Их количество ежегодно возрастает из-за роста народонаселения и улучшения качества жизни людей. Морфологический состав городских ТБО следующий: бумага -

41%, пищевые отходы - 21%, стекло - 12%, железо и его сплавы - 10%, пластмасса - 5%, древесина - 5% и т. д. При этом растет содержание пластмасс. К 2010 г. прогнозируют рост их относительной величины до 8-10%. Сама же масса ТБО в России имеет тенденцию к увеличению (до 0,75—0,9% ежегодно), причем половина массы ТБО приходится на города с населением 1 млн. жителей и более.

Жидкие бытовые отходы представлены в основном хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Газообразные бытовые отходы - выбросами различных газов.

Отходы производства - это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Они бывают:

- твердыми (отходы металлов, пластмасс, древесина и т. д.);
- жидкими (производственные сточные воды, отработанные органические растворители и т. д.);
- газообразными (выбросы промышленных печей, автотранспорта и т. д.).

Наибольшее количество промышленных отходов образуют угольная промышленность, предприятия черной и цветной металлургии, тепловые электростанции, промышленность строительных материалов.

Под **опасными отходами** понимают отходы, содержащие в своем составе вещества, которые обладают одним из опасных свойств (токсичностью, взрывчатостью, инфекционностью, пожароопасностью и т. д.) и присутствуют в количестве, опасном для здоровья людей и окружающей природной среды.

В России к опасным отходам относят около 10% от всей массы твердых отходов (металлические и гальванические шламы, отходы стекловолокна, асбестовые отходы и пыль; остатки от переработки кислых смол, дегтя и гудронов; отработанные радиотехнические изделия и т. д.).

Класс токсичности отходов определяют согласно "Классификатору токсичных промышленных отходов (1987)". Наибольшую угрозу для человека и всей биоты представляют опасные отходы, содержащие химические вещества I и II классов токсичности (в их

составе присутствуют радиоактивные изотопы, диоксины, пестициды, бенз(а)пирен и некоторые другие вещества).

По гигиеническому принципу, связанному со степенью токсикологической опасности, отходы делят на 6 категорий (табл. 5.1). При этом более 50% отходов относятся к I категории, а примерно 10% - к категориям V и VI.

Существенное значение имеет и потенциальная опасность перемещения в Россию опасных промышленных отходов из стран Западной Европы; США, Японии и других стран. С 1995 г. был запрещен импорт в нашу страну опасных отходов с целью захоронения или обезвреживания, что позволило предотвратить экологическую угрозу.

Таблица 5.1

Классификация отходов по гигиеническому принципу

Категория	Характеристика отходов по виду загрязнения	Рекомендуемые меры ликвидации или утилизации
I	Инертные	Использование для планировочных работ
II	Легко разлагающиеся органические	Складирование или переработка
III	Слаботоксичные, слаборастворимые в воде	Складирование
IV	Нефтемаслоподобные	Сжигание
V	Токсичные со слабым загрязнением воздуха	Складирование на полигонах промышленных и бытовых отходов
VI	Токсичные	Групповое или индивидуальное обезвреживание на специальных сооружениях

5.3. Загрязнение почвы отходами машиностроительных предприятий

Твердые отходы машиностроительного производства содержат амортизационный лом (модернизация оборудования, оснастки, инструмента), стружки и опилки металлов, древесины, пластмасс и т. п., шлаки, золы, шламы, осадки и пыли (отходы систем очистки воздуха и др.) (см. табл. 5.2).

Количество амортизационного лома зависит от списания в лом изношенного оборудования и имущества, а также от замены отдельных деталей в планово-предупредительном ремонте. На машиностроительных предприятиях 55% амортизационного лома образуется от замены технологической оснастки и инструмента. Безвозвратные потери металла вследствие истирания и коррозии составляют ~25% от общего количества амортизационного лома.

Таблица 5.2
Состав твердых отходов предприятий

Отходы предприятий	% по массе
Шлак, окалина, зола	67
Горелая формовочная смесь	6
Шламы, флюсы	3
Абразивы	0,1
Древесные отходы	2
Пластмассы	2
Бумага, картон	0,5
Мусор	19,4

Размеры отходов металла в производстве зависят от количества металла и сплавов, подлежащих переработке, и установленного коэффициента отходов. В основном машиностроительные предприятия образуют отходы от:

- производства проката - концы, обрезки, обдирочная стружка, опилки, окалины и др.;
- производства литья - литники, шлаки и съемы, сор и др.;
- механической обработки - высечки, обрезки, стружки, опилки и др.).

На предприятиях машиностроения отходы составляют 260 кг на одну тонну металла, иногда эти отходы составляют 50% массы обрабатываемых заготовок (при листовой штамповке потери металла достигают 60%). Основными источниками образования отходов легированных сталей являются металлообработка (84%) и амортизационный лом (16%).

В машиностроении на 1 млн. т потребляемых черных металлов безвозвратные потери металла составляют:

- 5,4 тыс. т при обдирке, шлифовке, распиловке и других видах обработки;
- 2,1 тыс. т при ковке, горячей штамповке и термической обработке (потери от окалины);
- 14 тыс. т при травление металла;
- 15,2 тыс. т за счет неполного сбора отходов.

Окончательными отходами считают такие, переработка которых нерентабельна из-за незначительного содержания в них металлов.

Шламы из отстойников очистных сооружений и прокатных цехов содержат большое количество твердых материалов, концентрация которых составляет от 20 до 300 г/л. После обезвреживания и сушки шламы используют в качестве добавки к агломерационной шихте или удаляют в отвалы. Шламы термических, литейных и других цехов содержат токсичные соединения свинца, хрома, меди, цинка, а также цианиды, хлорофос и др.

В небольших количествах промышленные отходы могут содержать ртуть, вылитую из вышедших из эксплуатации приборов и установок. Отходы, образующиеся на предприятиях машиностроения в результате использования радиоактивных веществ, обычно содержат небольшое количество изотопов с коротким периодом полураспада до 15 суток.

Для полного использования отходов в качестве вторичного сырья разработана их промышленная классификация. Например, лом и отходы металлов по физическим признакам делят на классы, по химическому составу – на группы и марки, по показателям качества – на сорта (ГОСТ 1639-78).

5.4. Методы и средства защиты литосферы

5.4.1. Основные методы защиты почвы

В число основных звеньев экологической защиты почв входят:

- защита почв от водной и ветровой эрозии;
- организация севооборотов и системы обработки почв с целью повышения их плодородия;
- мелиоративные мероприятия (борьба с заболачиванием, засолением почв и др.);
- рекультивация нарушенного почвенного покрова;
- защита почв от загрязнения, а полезной флоры и фауны - от уничтожения;
- предотвращение необоснованного изъятия земель из сельскохозяйственного оборота.

5.4.2. Рекультивация нарушенных земель

Рекультивация - комплекс работ, проводимый с целью восстановления нарушенных территорий и приведения земель в безопасное состояние.

Нарушение территории происходит в основном при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, а также в процессе строительства. Нарушенные земли теряют первоначальную ценность и отрицательно влияют на окружающую природную среду. Объектами рекультивации являются:

- карьерные выемки, провальные воронки, терриконы, отвалы и др.;
- земли, нарушенные при строительных работах;
- территории полигонов твердых отходов;
- земли, нарушенные в результате загрязнения их жидкими и газообразными отходами.

Работы по рекультивации нарушенных территорий обеспечиваются нормативно-инструктивными материалами и ГОСТ. Например, действует ГОСТ 17.5.3.04-83 "Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель".

Рекультивация (восстановление) осуществляется последовательно, по этапам. Различают рекультивацию:

- техническую;
- биологическую;
- строительную.

Техническая рекультивация означает предварительную подготовку нарушенных территорий для различных видов использования: планировку поверхности, снятие, транспортировку плодородных почв и нанесение их на рекультивируемые земли, формирование откосов выемок, подготовку участков для освоения и т. п.

На этапе технической рекультивации засыпают карьерные, строительные и другие выемки; в глубоких карьерах устраивают водоемы; полностью или частично разбирают терриконы, отвалы; закладывают пустыми породами выработанные подземные пространства. После завершения процесса осадки поверхность земли выравнивают.

Биологическая рекультивация проводится после технической для создания растительного покрова на подготовленных участках. С ее помощью восстанавливают продуктивность нарушенных земель; формируют зеленый ландшафт; создают условия для обитания животных, растений, микроорганизмов; укрепляют насыпные грунты, предохраняя их от водной и ветровой эрозии; создают сенокосно-пастбищные угодья и т. д.

Сложно рекультивировать нефтезагрязненные земли. Они имеют обедненную биоту и содержат канцерогенные углеводороды. В таких случаях необходимы рыхление и аэрация почвы; использование бактерий, деградирующих нефть; посев специально подобранных трав и др.

При необходимости выполняют также **строительный этап рекультивации**, в ходе которого на подготовленных территориях возводят здания, сооружения и другие объекты.

5.5. Утилизация и ликвидация отходов производства и потребления

5.5.1. Утилизация и ликвидация осадков сточных вод

В процессе очистки сточных вод в первичных и вторичных отстойниках образуются большие массы осадков, которые

необходимо либо ликвидировать, либо утилизировать. На рис.5.1 показана общая схема обработки осадков сточных вод.

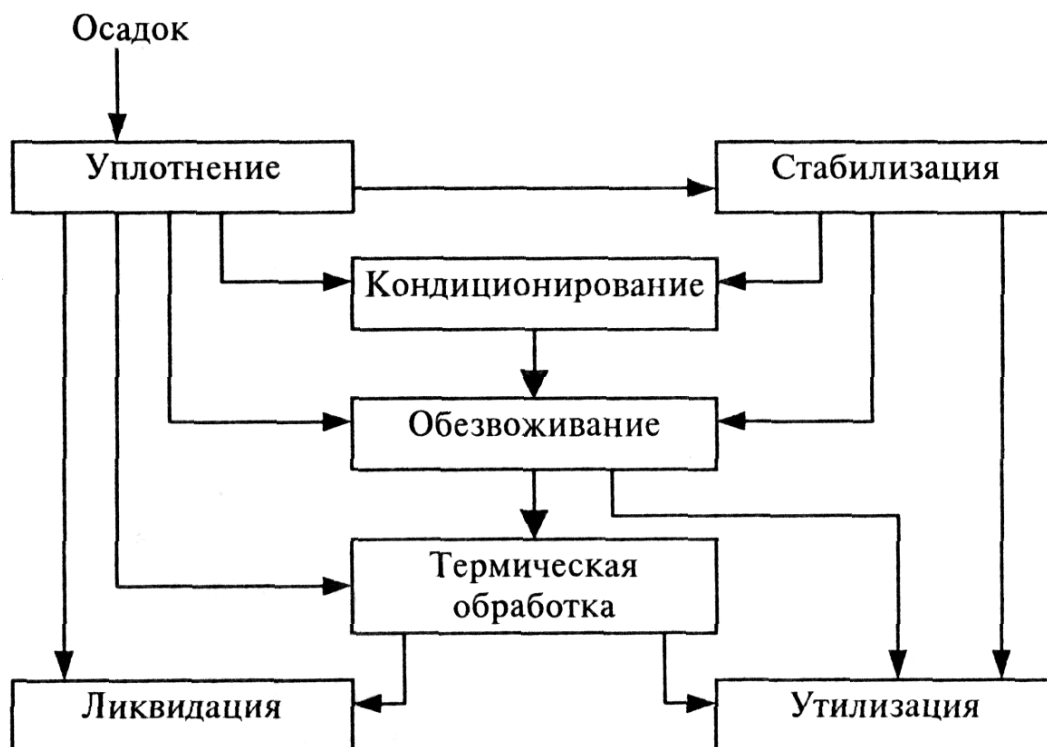


Рис. 5.1. Общая схема обработки осадков сточных вод

Уплотнение осадков связано с удалением свободной влаги и является необходимой стадией всех вариантов технологических схем обработки осадков. При этом, используя гравитационный, флотационный, центробежный и вибрационный методы, в среднем можно удалить 60% влаги и сократить массу осадка в 2,5 раза.

При **стабилизации осадков** биологически разлагаемая часть органического вещества распадается на диоксид углерода, метан и воду. Процесс стабилизации осуществляют с помощью микроорганизмов в анаэробных и аэробных условиях.

Кондиционирование осадков - процесс предварительной подготовки осадков перед обезвоживанием в целях улучшения водоотдающих свойств осадков вследствие изменения их структуры и форм связи воды. При этом используют реагентные или безреагентные методы. В первом случае коагулянтами или флокулянтами изменяют структуру осадка и форму связи воды в нем и тем самым улучшают его водоотдающие свойства. Во втором случае применяют тепловую обработку, замораживание с

последующим оттаиванием, жидкофазное окисление, электрокоагуляцию и радиационное облучение. Обезвоживание осадков осуществляют или на иловых площадках, или механически с помощью вакуум-фильтров, фильтров-прессов, центрифуг и виброфильтров.

Термическую обработку производят путем сжигания или сушки осадков. Сжигание осадков производят тогда, когда их утилизация невозможна или нецелесообразна, а также когда отсутствуют условия для их складирования, так как после сжигания объем осадков уменьшается в 80-100 раз. Осадки сжигают в многоподовых, барабанных, циклонных и распылительных печах, а также в печах кипящего слоя.

Сушку осадков осуществляют в случае подготовки их к утилизации. Разработаны различные технологические схемы получения белково-витаминного кормового продукта (белвитамина), кормовых дрожжей и технического витамина В₁₂.

При высоком солесодержании применяют методы электродиализа, выпаривания, обратного осмоса, а остаточные загрязнения снимаются на ионообменных установках. Все сточные воды с радиоактивностью выше допустимой сливают в специальные подземные резервуары или закачивают в глубокие подземные бессточные бассейны.

Отходы от выпарных установок и отработавшие ионообменные смолы после соответствующей обработки, т.е. получения специальных блоков, захораниваются в контролируемых местах.

5.5.2. Переработка и обезвреживание твердых бытовых отходов

Первостепенной задачей утилизации бытовых отходов является освоение специальных технологий по сбору и переработке отходов.

При сборе отходов необходимо одновременно их сортировать, разделяя на отдельные вещества или группы веществ. В быту такой процесс сбора отходов организован, например, в Японии, Германии, где на улицах городов установлены специальные контейнеры с емкостями для бумаги, стекла, металла и др. Рассортированные отходы легко подвергаются вторичной переработке. Не случайно во многих странах весьма высок выпуск некоторых видов продукции

из вторичного сырья, например выпуск бумаги и картона из вторичного сырья в Великобритании составляет 55%, в Германии – 50% общего выпуска этой продукции.

Основные методы переработки твердых бытовых отходов (ТБО):

- строительство полигонов для захоронения ТБО и частичной их переработки;
- сжигание отходов на мусоросжигающих заводах;
- компостирование (с получением ценного азотного удобрения или биотоплива);
- предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных компонентов;
- пиролиз (высокомолекулярный нагрев без доступа воздуха) ТБО при $t = 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наиболее приемлемым методом является строительство **полигонов** для организованного и санкционированного хранения отходов и частичной их переработки (в основном методом прямого сжигания). Конструктивные схемы допускают высоту таких полигонов до 60 м и послойное его загрузку с помощью бульдозеров, для чего устраивают пологий внешний откос. При определенных условиях (инертности, слабой токсичности) совместно с твердыми бытовыми отходами могут складироваться и промышленные отходы. Особое внимание обращают на гидроизоляцию полигонов, чтобы исключить попадание загрязняющих веществ в подземные воды. Срок полного обезвреживания отходов – 50-100 лет.

Полученный при **компостировании** пищевых отходов с аэробным окислением органического вещества компост используют в сельском хозяйстве. Компостирование – биохимический процесс, осуществляемый благодаря жизнедеятельности так называемых аэробных микробов (термофильных микроорганизмов). Эти микробы выделяют много тепла, в результате ТБО разогреваются до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом, болезнетворные микробы гибнут, сырье перегорает, образуется компост. В естественных условиях этот процесс длится месяцами. На заводах, где измельченные ТБО постоянно перемешиваются, чтобы микробы имели требуемый им избыток воздуха, компостирование

заканчивается за 2-3 дня. Но при снижении содержания пищевых отходов процесс резко замедляется и становится неэффективным.

Некомпостируемые бытовые отходы поступают в специальные печи, где термически разлагаются и превращаются в разные ценные продукты, например в смолу.

При **сжигании ТБО на мусоросжигающих заводах** спекание отходов происходит при $t = 800-850^{\circ}\text{C}$. При этом, отсутствует вторая стадия газовой очистки и в золе отработанных отходов отмечается повышенная концентрация диоксинов (0,9 мкг/кг и более). С каждого кубометра сжигаемых отходов в атмосферу выбрасывается 3 кг ингредиентов (пыль, сажа, газы) и остается 23 кг золы.

На зарубежных мусоросжигающих заводах производится предварительная сортировка твердых отходов, что на порядок снижает содержание вредных веществ в газах и шлаках, режим сжигания - при $t = 900-1000^{\circ}\text{C}$. Следует иметь в виду, что при сжигании выделяются загрязняющие вещества. Поэтому предусмотрена двухстадийная очистка отходящих газов, в составе которых регламентируется очистка более десяти вредных компонентов, включая дибензодиоксины и дибензофураны (на отечественных заводах — четыре компонента).

На заводах **по пиролизу ТБО** при $t = 1700^{\circ}\text{C}$ практически утилизируются все материальные и энергетические компоненты, что резко снижает загрязнение окружающей среды. Однако технологический процесс очень трудоемкий; по существу, завод по пиролизу - это доменная печь.

5.5.3. Переработка и обезвреживание твердых производственных отходов (ТПО)

Качественный и количественный состав твердых производственных отходов (ТПО) значительно отличается от аналогичных показателей по твердым бытовым отходам. Поэтому, несмотря на похожие подходы к утилизации в случае переработки ТПО имеются определенные отличия.

Захоронение твердых отходов производств на полигонах и свалках, которое пока наиболее широко распространено у нас, можно рассматривать лишь как временную меру их утилизации, так как большая часть этих отходов подвергается разложению чрезвычайно медленно. При этом методе из сферы возможного

полезного использования изымаются тысячи тонн ценного вторичного сырья. Особо вредные промышленные отходы принимают на полигон в герметически упакованных металлических контейнерах и захоранивают в глубоких котлованах. Кроме технологического паспорта с каждой партией направляются два акта: в одном подтверждается герметичность упаковки контейнера, в другом указываются название отходов, их количество и причины списания.

Значительная часть твердых отходов промышленных предприятий может быть эффективно использована в народном хозяйстве. Так, строительная индустрия и промышленность строительных материалов ежегодно добывают и потребляют около 3,5 млрд. т нерудного сырья, большая часть которого может быть заменена промышленными отходами. Задача утилизации последних тем более актуальна, что организация производства продукции на их основе требует затрат в 2-3 раза меньших, чем для соответствующих производств на основе специально добываемого природного сырья.

Переработка твердых отходов производств по заводской технологии - наиболее оптимальный метод их использования.

В то же время, значительная часть твердых отходов промышленных предприятий может быть эффективно использована в народном хозяйстве. Так, строительная индустрия и промышленность строительных материалов ежегодно добывают и потребляют около 3,5 млрд. т нерудного сырья, большая часть которого может быть заменена промышленными отходами. Задача утилизации последних тем более актуальна, что организация производства продукции на их основе требует затрат в 2—3 раза меньших, чем для соответствующих производств на основе специально добываемого природного сырья. Кроме того, увеличение комплексности использования минерального сырья при одновременном решении задач защиты биосферы способ-

При всем разнообразии способов переработки общая схема процесса и применяемого при этом оборудования может быть представлена следующим образом.

Первая стадия - это сортировка отходов, отделение посторонних включений, таких, как ветошь, остатки бумажной и деревянной тары, металлических предметов и т.д. Вторая стадия - измельчение - одна из наиболее ответственных в процессе. В

результате одно- или двухстадийного измельчения материал приобретает размеры, достаточные для того, чтобы можно было осуществлять его дальнейшую переработку. На третьей стадии дробленый материал подвергают отмывке от загрязнений, а также еще раз отделяют от посторонних примесей. На четвертой и пятой стадиях высушенные дробленые отходы смешивают при необходимости со стабилизаторами, наполнителями и другими ингредиентами и гранулируют. Характер шестой стадии полностью обусловлен тем, какого рода отходы проходили предварительную обработку. Часто гранулы используют в качестве наполнителя при производстве строительных материалов или в до-рожном строительстве; в ряде случаев такой гранулы можно смешивать с товарным продуктом или перерабатывать его в изделия.

Производственные отходы металла подвергают многостадийной переработке. Эффективность использования лома и отходов металла зависит от их качества. Загрязнение и засорение металлоотходов приводят к большим потерям при переработке, поэтому сбор, хранение и сдача их регламентируются специальными стандартами: ГОСТ 2787—75 «Лом и отходы черных металлов. Шихтовые. Классификация и технические требования»; ГОСТ 1639—78 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие требования» и др.

Основные операции первичной обработки металлоотходов:

- сортировка - разделение лома и отходов по видам металлов;
- разделка лома - удаление неметаллических включений;
- механическая обработка включает рубку, резку, пакетирование и брикетирование на прессах.

Пакетирование отходов организуется на предприятиях, на которых образуется 50 т и более высеки и обрезков в месяц. Каждая партия должна сопровождаться удостоверением о взрывобезопасности. Стружку перерабатывают на пакетирующих прессах, стружкодробилках, брикетировочных прессах. Брикетированию (окускованию механическим уплотнением на прессах, под молотом и на других механизмах) подвергается сухая и неокисленная стружка одного вида, не содержащая посторонних примесей, с длиной элемента до 40 мм для стальной и 20 мм для чугунной стружки. Прессование вьюнообразной стружки целесообразно проводить в отоженном состоянии, так как при этом отпадает необходимость выполнения таких подготовительных

операций, как дробление, обезжиривание, отбор обтирочных материалов и мелких кусков металла.

5.6. Безотходные и малоотходные технологии

Накопление значительных масс твердых отходов во многих отраслях промышленности обусловлено существующим уровнем технологии переработки соответствующего сырья и недостаточностью его комплексного использования. Удаление (транспортирование) отходов и их хранение (устройство и содержание отвалов и шламонакопителей) являются дорогими мероприятиями. На металлургических производствах, ТЭС и углеобогачительных фабриках затраты на них составляют примерно 8-30% стоимости производства основной продукции. Между тем в отвалы и шламохранилища ежегодно поступают огромные массы вскрышных пород и отходов обогащения и переработки минерального сырья.

Радикальное решение проблем защиты от промышленных отходов возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий и производств.

Под **безотходной технологией**, безотходным производством, безотходной системой понимают не просто технологию или производство того или иного продукта (или продуктов), а принцип организации функционирования производства. При этом рационально используются все компоненты сырья и энергия в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы - производство - потребление - вторичные сырьевые ресурсы), т. е. не нарушается сложившееся экологическое равновесие в биосфере.

Малоотходная технология является промежуточной ступенью при создании безотходного производства. При малоотходном производстве вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными органами, но по техническим, экономическим, организационным или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение. Основой безотходных производств является комплексная переработка сырья с использованием всех компонентов, поскольку отходы

производства - это по тем или иным причинам неиспользованная часть сырья. Большое значение при этом приобретает разработка ресурсосберегающих технологий.

Малоотходная и безотходная технология должны обеспечить:

- комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов на базе создания новых безотходных процессов;
- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;
- переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия;
- использование замкнутых систем промышленного водоснабжения;
- создание безотходных комплексов.

В машиностроении разработка малоотходных технологических процессов связана прежде всего с необходимостью увеличения коэффициента использования металла. Увеличение его не только дает технико-экономические выгоды, но и позволяет уменьшить отходы и вредные выбросы в окружающую среду.

В прокатном производстве в последние годы получили широкое распространение так называемые деталепрокатные станы (зубопробочные, винтовой прокатки в винтовых камерах, поперечно-винтовой, клиновой и др.). В ряде случаев они позволяют отказаться от дальнейшей металлообработки и сэкономить на 10-35 % больше металла по сравнению с резанием.

Порошковая металлургия позволяет создавать материалы и изделия с особыми, часто уникальными составами, структурой и свойствами, а иногда вообще недостижимыми при других технологических процессах. Это обеспечивает значительный экономический эффект за счет снижения потерь материалов до 5-7 % и увеличения коэффициента использования металла в 2-3 раза (при металлообработке отливок и проката часто теряется в стружках до 60-70 % металла).

Идея многократного, циклического, экономного использования материальных ресурсов активно реализуется во многих развитых странах. Так, в США, ФРГ и Японии степень повторного использования таких экологически опасных металлов, как свинец,

медь, никель достигла 65,40 и 40% соответственно. В этом отношении показатели России много скромнее. Крайне нерационально используются в нашей стране лесные богатства. Из доставленных на предприятия 1000 кубометров древесины мы получаем лишь 27,3 т бумаги, в то время как в Швеции из такого же количества получают 129 т, в США - 137 т, а в Финляндии - 164 т.

Повторное использование материальных ресурсов исключительно важно с точки зрения сохранения или продления времени использования запасов важнейших руд (исчерпаемых ресурсов). Подсчитано, например, что если запасы металлов возрастут даже в 10 раз, то обеспеченность сырьем увеличится всего в 2,5-3 раза. Если же рециркуляция металлов достигнет 50%, тогда обеспеченность важнейшими металлами возрастает в 3-3,5 раза, а при 95-98%-ной рециркуляции - в 5-7 раз. Именно поэтому экологи считают, что важнейшим резервом сырья является вторичное использование материальных ресурсов. Следовательно, для рационального развития экономики, определяющего, в свою очередь, устойчивое развитие любой страны, необходимы планомерное, целенаправленное повышение роли вторичных ресурсов и организация технологического круговорота веществ.

Концепция безотходного производства включает несколько положений.

Во-первых, ресурсы необходимо использовать в таком цикле, который включал бы не только сферу промышленного производства, но и сферу потребления. Замкнутым такой цикл может быть только на уровне промышленного региона или территориально-производственного комплекса. Следовательно, необходимо в рамках этого региона или комплекса найти потребителей отходов, производимых предприятиями.

Во-вторых, должно быть обязательное использование в производстве всех компонентов сырья и сведение до минимума нерациональных энергозатрат.

В-третьих, составной частью концепции безотходного производства является сохранение сложившегося экологического равновесия. Критерием качества окружающей среды являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и рассчитанные на их основе предельно допустимые выбросы (ПДВ) и сбросы (ПДС).

Следовательно, понятие «безотходная технология» есть не только чисто технологический процесс, это и совокупность

организационных и управленческих мероприятий, проектных и научно-исследовательских работ. Оно обязательно должно охватывать и сферу потребления продукции, которая после утраты своих потребительских свойств (например, изношенные автопокрышки, пластиковые бутылки) могла бы быть возвращена в производство или, в крайнем случае, переведена в экологически безопасную форму.