**Методические рекомендации для студентов по дисциплине**

**«Системы защиты среды обитания»**

**1. Общие положения**

Студенту необходимо использовать методические разработки по данной дисциплине, выдаваемые преподавателем на первом занятии и находящиеся на кафедре, у старосты группы, а также выставленные на сайте **www.cme.dstu.edu.ru**.

Студенту необходимо внимательно ознакомиться с содержанием курса по рабочей программе дисциплины (РПД), изучив все разделы.

Выписать (скачать) из соответствующей РПД:

-список рекомендованной литературы;

-наименования лекционных разделов курса;

-названия практических работ;

-названия контрольной работы;

- вопросы к экзамену.

**2. Лекционные занятия (теоретический курс)**

**Рекомендации:**

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала надо обратиться к основным литературным источникам, включая компьютерную версию. Если разобраться в материале опять не удалось, обратитесь к лектору по графику его консультаций или на практических занятиях;

- хотя бы бегло ознакомиться с содержанием очередной лекции по основным источникам литературы в соответствии с рабочей программой дисциплины;

- обратить особое внимание на физическую сущность и графическое сопровождение основных рассматриваемых теоретических положений.

**3. Практические занятия**

**Рекомендации:**

- до очередного практического занятия по конспекту (или литературе) проработать теоретический материал, соответствующий темы занятия;

- перед предстоящим занятием ознакомиться с основными задачами и литературой;

- обязательно иметь рекомендуемую литературу и собственный калькулятор;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

- иметь при себе конспект лекций;

-пользуясь методическими указаниями произвести расчеты условий безопасной работы сборочного оборудования;

- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, в случае затруднений обращаться к преподавателю;

- все расчетные величины должны иметь соответствующую размерность, а форма записи расчетов должна иметь вид - символы, числа, результат. Такая форма записи поможет Вам быстро обнаружить неточность в расчетах и получить правильный результат.

**4. Самостоятельная работа студентов**

**Рекомендации:**

- руководствоваться графиком самостоятельной работы РПД;

- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, разбирать на практических и семинарских занятиях, а также консультациях неясные вопросы;

- использовать тесты на ЭВМ для освоения соответствующих разделов курса «Система защиты среды обитания», практических работ (ауд. 10-534);

- выполнять контрольную работу необходимо исходить из рекомендованных сроков преподавателем, но не позже, чем за 15 дней до окончания семестра. Этот временной график согласуется с изучением на практических занятиях материалом, входящим в эти работы, что позволяет студенту быстро освоить материал и выполнить работу;

Студенты заочной формы обучения обязаны выполнить контрольную работу по предмету «Система защиты среды обитания».

**Основные этапы работы студента над контрольной работой:**

1) подбор и изучение литературы по теме работы;

2) написание работы по предложенному плану;

3) оформление контрольной работы в целом;

4) проверка контрольной работы и подготовка экзамену.

**1-ый этап: Подбор и изучение литературы по теме работы.** Начинать работу нужно с подбора необходимой научной литературы по соответствующей теме. В первую очередь, это должны быть учебники и учебные пособия. Надо придерживаться списка рекомендуемой кафедрой литературы, так как он соответствует программе курса. Наряду с учебниками при написании контрольной работы можно пользоваться и периодическими изданиями, так как они необходимы для анализа современных состояний вопроса. Список основной и дополнительной литературы, рекомендованной кафедрой, приведен в Рабочей программе по дисциплине «Система защиты среды обитания». Вся рекомендуемая литература имеется в библиотеке на абонементе или в читальном зале.

**2-ой этап: Написание контрольной работы по предложенной теме.** Контрольная работа пишется техническим языком, не допускается использование бытовых речевых оборотов, разговорной речи, а также дословное переписывание материала из литературных источников. Обязательным является использование современных аналитических и статистических материалов, Интернет-сайтов международных организаций и компаний и пр.Текстовая часть работы должна содержать четкий и развернутый ответ на теоретический вопрос. По мере необходимости текстовый материал дополняется графиками, формулами и таблицами. Целесообразно показать особенности того или иного явления в современных условиях (для этого используйте статьи из периодических изданий). Объем текстовой части в зависимости от вопросов может занимать до 10-15 страниц.

**3-ий этап: Оформление контрольной работы.** Контрольная работа должна быть оформлена следующим образом. Текст оформляется в текстовом редакторе Word for Windows версии не ниже 6.0. Тип шрифта: Times New Roman Cyr. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов: полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Межсимвольный интервал обычный, межстрочный интервал - одинарный. Формулы должны быть оформлены в редакторе формул Equation Editor и вставлены в документ как объект. Размеры шрифта для формул: - обычный - 14 пт; - крупный индекс - 10 пт; - мелкий индекс - 8 пт; - крупный символ - 20 пт; - мелкий символ - 14 пт.

Иллюстрации должны быть вставлены в текст. Текст отчета выполняется на листах формата А4 (210x297 мм) без рамки, соблюдая следующие размеры полей: левое - не менее 20 мм, правое - не менее 10 мм, верхнее - не менее 20 мм, нижнее - не менее 20 мм. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют внизу страницы от центра без точки в конце.

Работу следует сброшюровать. Допускается выполнение работы и в письменной форме в обычной школьной тетради. В этом случае она должна быть написана аккуратно, разборчиво, без помарок и сокращений (кроме общепринятых), на листах с полями для пометок преподавателя. **Текст, написанный от руки неразборчивым почерком, рецензироваться не будет.** На титульном листе обязательно указываются: дисциплина, название темы, ФИО преподавателя, ФИО студента, факультет, группа, специальность. Далее следует содержание (план) работы и ее основная часть. Перед выполнением каждой части контрольной работы нужно полностью воспроизвести текст задания. В конце работы приводится список использованных источников. Список использованных источников начинается с указания монографий и учебников в алфавитном порядке авторов или названий работ. Затем указываются статьи из периодических изданий. В завершении приводятся ресурсы Интернет. На первой странице (титульном листе) студент должен расписаться и поставить дату сдачи работы на проверку.

Номер варианта для выполнения контрольной работы равен сумме двух последних цифр учебного кода (№ зачетки или студенческого билета).

**4-ый этап: Проверка контрольной работы и допуск к экзамену.** Выполненная работа отмечается в деканате и сдается **на кафедру**преподавателю или лаборанту. Срок рецензирования – 2 недели с момента сдачи на кафедру. Проверив работу, преподаватель в рецензии проставляет оценку «зачтена» или «не зачтена», а также отмечает ее недостатки и дает вопросы к собеседованию. Оценка «зачтено» предполагает, что студент допускается к сдаче экзамена по дисциплине«Система защиты среды обитания». К экзамену студент должен освоить все темы программы курса. Примерный перечень вопросов к экзамену представлен в Рабочей программе «Система защиты среды обитания». Поскольку темы дисциплины взаимосвязаны, студент должен быть готов и к ответу на сопряженные и другие дополнительные вопросы. Поэтому при подготовке к экзамену проработайте лекционный и учебный материал и, если возникают какие-либо затруднения, – обратитесь за консультацией к преподавателю (и сделать это нужно до рубежного контроля).

- подготовка к текущему, промежуточному и рубежному контролю, осуществляется на практических занятиях, а также после занятий студента в компьютерном зале кафедры (ауд. 10-531);

- защита контрольной работы по дисциплине осуществляется на практических занятиях;

- подготовка к экзамену проводится по вопросам в РПД или по тестам всего курса дисциплины (ауд. 10-531);

- при подготовке к экзамену параллельно прорабатываются не только теоретические, но и практические разделы курса. Все неясные моменты фиксируются и выносятся на плановую консультацию.

**5. Критерии оценки знаний студентов**

Экзамен в устной форме по билетам.

**Отметка** «**отлично**» ставится, если:

* раскрыты и точно употреблены основные понятия;
* сущность вопросов раскрыта полно, развернуто, структурировано, логично;
* использованы при ответе примеры, иллюстрирующие теоретические положения;
* представлены разные точки зрения на проблему;
* выводы обоснованы и последовательны;
* диалог с преподавателем выстраивается с обоснованием связи сути вопросов билета с другими вопросами и разделами учебной дисциплины;
* полно и оперативно отвечает на дополнительные вопросы.

**Отметка** «**хорошо**» ставится, если:

* частично раскрыты основные понятия;
* в целом материал излагается полно, по сути билета;
* использованы при ответе примеры, иллюстрирующие теоретические положения;
* выводы обоснованы и последовательны;
* выстраивается диалог с преподавателем по содержанию вопроса;
* ответил на большую часть дополнительных вопросов.

**Отметка** «**удовлетворительно**» ставится, если:

* раскрыта только меньшая часть основных понятий;
* не достаточно точно употреблял основные категории и понятия;
* не достаточно полно и не структурировано отвечал по содержанию вопросов;
* не использовал примеры, иллюстрирующие теоретические положения;
* не рассматривал разные точки зрения на проблему;
* диалог с преподавателем не получился;
* возникли проблемы в обосновании выводов, аргументаций;
* не ответил на большинство дополнительных вопросов.

Отметка «**неудовлетворительно**» ставится в случае, если:

* не раскрыто ни одно из основных понятий;
* не знает основные определения категорий и понятий дисциплины;
* допущены существенные неточности и ошибки при изложении материала;
* практическое отсутствие реакции на дополнительные вопросы по билету.

Экзамен в тестовой форме.

**«Отлично»** - ставится студенту, выполнившему тестовые задания на 90%, выполнившему практические работы, предусмотренные программой

**«Хорошо»** - ставится студенту, выполнившему тестовые задания на 80%, выполнившему практические работы, предусмотренные программой.

**«Удовлетворительно»** - ставится студенту, выполнившему тестовые задания на 60%, выполнившему практические работы, предусмотренные программой.

**«Неудовлетворительно»** - ставится студенту, выполнившему тестовые задания менее, чем на 60%, выполнившему практические работы, предусмотренные программой.

По интересующим студентов вопросам можно обращаться к:

преподавателям кафедры «ПБ», ауд. 10-533 (доцент Гаршин Владимир Иванович);

ст. преподаватель каф. «ПБ» Гераськовой С.Е., ауд. 10-534;

Адрес кафедры: 344023, Ростов-на-Дону, пл. Страны Советов, 1 (корпус 10);

тел. (863) 258-91-58;

e-mail кафедры «ПБ» — spu-45.6@donstu.ru;

(с указанием фамилия преподавателя);

Сайт ДГТУ — http://www.donstu.ru/

* 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

**1. 1 Лекция №1 (2 час).**

**Тема: « Введение»**

Техногенное воздействие человека на среду обитания — это целенаправленный процесс технической деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве. Основным негативным последствием этого воздействия является загрязнение окружающей среды.

Защитить среду обитания от техногенного воздействия можно используя экологически чистые и экозащитные процессы и технологии. Каждое из этих направлений представляет собой систему научных, технических и экологических методов, приемов и средств, предназначенных для защиты среды обитания и человека в ней.

Среда обитания — совокупность абиотических и биотических условий жизни организма (Н. Ф. Реймерс).

Близким к указанному понятию является термин «условия обитания», под которыми понимают совокупность естественно-природных условий существования организмов (включая абиотические и биотические факторы) и антропогенных воздействий.

*Абиотический фактор* — условие или совокупность условий неорганического мира, факторов неживой природы.

*Биотический фактор* — совокупность факторов, источником которых служит опосредственное действие живого на природу.

Введем понятия антропогенных и техногенных факторов. Первый из них косвенно обязан своим происхождением деятельности человека, второй означает любое воздействие на окружающую среду, связанное с техническими средствами. Из последнего определения следует, что *техногенное воздействие* — это воздействие, связанное с деятельностью человека.

*Защита среды* (обитания) — комплекс международных, государственных, региональных и локальных административных, правовых, технологических, управленческих, экономических, социальных, политических и общественных мероприятий, направленных на охрану окружающей человека среды в целом или природной среды обитания (Н. Ф. Реймерс).

Существуют несколько определений понятия «система». Рассмотрим одно из них – определение Н. Ф. Реймерса: «Система — множество однородных или разнородных деятельностей, находящихся в определенных, более прочных, чем с окружающей средой, отношениях и связях друг с другом и поэтому образующих некоторую целостность, единство».

Исходя из изложенного, введем понятие «система защиты среды обитания» — это сочетание экологически чистых и экозащитных процессов и технологий, используемых для исключения или уменьшения до нормативного безопасного уровня негативных (опасных и вредных) антропогенных воздействий на окружающую среду.

Экологически чистые технологии — методы производства продукции, при которых сырье и энергия применяются настолько рационально, что объемы выбрасываемых в окружающую среду веществ и отходов сведены к минимуму. Процессы, лежащие в основе этих технологий, называются экологически чистыми.

В современной и зарубежной экологической литературе также встречаются термины «энвайроментология» и «энвайроменталистика». Первый из них означает комплексную дисциплину об окружающей человека среде, главным образом природной, ее качестве и охране, а второй — техническое приложение энвайроментологии — способы и методы очистки отходящих газов и сточных вод, реутилизации отходов и т. д. В отечественной экологии термин «энвайроменталистика» можно заменить термином «техника защиты окружающей среды» или «экозащитная техника».

Экозащитная техника, в свою очередь, базируется на разнообразных физических, химических, биологических и физико- химических процессах. Эти процессы получили название «экозащитные процессы».

В настоящее время используется две системы защиты среды обитания. Первая из них — чистка вредных выбросов и сбросов промышленных и сельскохозяйственных предприятий, энергетики и транспорта, коммунально- бытового хозяйства, поступающих в среду обитания. В эту систему включена также переработка твердых отходов и защита окружающей среды от энергетических загрязнений.

Указанная система защиты среды обитания не позволяет решить проблему кардинально, так как в процессе очистки один вид загрязнений превращается в другой. Например, замена сухих пылеуловителей мокрыми (влажными) повышает степень очистки пылегазовых выбросов, но усиливает одновременно загрязнение водных сбросов за счет образования шлама. Однако эта система защиты на сегодняшний день является наиболее приемлемой для предприятий и других источников загрязнений, имеющих достаточно старое промышленное оборудование и не имеющих возможности полностью его модернизировать.

Другая система защиты более радикальна и в то же время более экономична. Она заключается в разработке таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы. Речь идет о создании малоотходных и безотходных, т. е. экологически чистых, процессов и технологий, которые максимально экономили бы исходное сырье, топливо, материалы, энергию и обеспечивали бы безопасность среды обитания, минимально загрязняя ее.

Создание экологически чистого (безотходного) производства — длительный процесс, требующий решения сложнейших взаимосвязанных технологических, экономических, организационных, психологических и других задач. Оно должно базироваться на определенных принципах, указанных далее применительно к разным сферам.

Технологические процессы:

• разработка новых процессов, снижающих или практически исключающих образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду;

• комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциальных энергоресурсов;

• геотехнологические методы разработки месторождений полезных ископаемых;

• безводные методы обогащения и переработки месторождений;

• замена химических процессов с использованием агрессивных сред на инертные;

• замена, при возможности, первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными:

• разработка и внедрение перспективных высокоэффективных методов очистки промышленных выбросов и сточных вод;

• создание энерготехнологических процессов;

• разработка и внедрение непрерывных процессов;

• интенсификация и автоматизация процессов.

Сырье, материалы и энергоресурсы:

• обоснованность их качества, использование для технологических нужд сырья и материалов не более высокого (например, питьевой воды), а строго определенного качества;

• предварительная подготовка сырья и топлива, извлечение наиболее токсичных компонентов (например, серы из угля);

• замена высокотоксичных веществ (например, ртути, кадмия, свинца и др.) менее токсичными;

• замена, при возможности, сырья и энергоресурсов нетрадиционными, местными, попутно добываемыми и т. д.

Аппаратное оформление:

- разработка принципиально новых аппаратов, совмещающих в себе ряд процессов;

- оптимизация размеров и производительности;

- герметизация;

- использование новых конструктивных материалов, позволяющих увеличить долговечность аппаратов, уменьшить их массу и т. п.

Готовая продукция:

- безвредность;

- длительность использования;

- обеспечение возможности рециклизации после физического или морального износа;

- быстрая биоразлагаемость при попадании в окружающую среду (например, широко распространенной тары, упаковочных материалов);

- удобство эксплуатации.

Организация безотходного производства:

• принцип системности (является ключевым);

• цикличность потоков веществ и материалов;

• возможность комбинирования производства на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов;

• возможность кооперации производств на основе переработки и утилизации отходов;

• обоснованность района и площадки строительства с учетом фонового загрязнения окружающей среды, перспектив развития данного производства и других видов хозяйственной деятельности в регионе;

• создание территориально- производственного комплекса;

• рациональная организация производства;

• создание региональных центров (или систем) по обезвреживанию и переработке отходов, прежде всего токсичных.

При организации современного производства необходимо наряду с обеспечением цикличности в использовании природных ресурсов особое внимание уделить снижению количества отходов, особенно токсичных, образующихся в ходе производственных процессов.

Создание замкнутых технологических систем проще всего проанализировать на примере бессточных систем водообеспечения. Эти системы являются составной частью малоотходных и ресурсосберегающих экологически чистых технологий. Давно настало время пересмотреть традиционно сложившуюся систему водопользования: вода — использование — очистка — сброс. Оптимальный вариант замкнутой системы водоснабжения должен быть основан на следующих принципах:

• на предприятиях должна быть создана единая система водного хозяйства, включающая в себя водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод как подготовку их для повторного использования;

• свежая вода должна использоваться только для особых целей и восполнения потерь в системах;

• очистка должна сводиться к регенерации отработанных технологических растворов и воды с целью их повторного использования в производстве; при этом необходимо создание локальных замкнутых систем технического водоснабжения (они служат основными звеньями замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий);

• методы, применяемые для регенерации технологических растворов и воды, должны обеспечивать одновременное извлечение ценных компонентов и доведение образующихся отходов до товарного продукта или вторичного сырья.

На смену дифференцированному подходу к разработке основных технологий, систем водоснабжения и методов очистки сточных вод должна прийти разработка системы водного хозяйства промышленных предприятий, включающая в себя оптимизацию использования воды во всех операциях, производствах и цехах, регенерацию отработанных растворов с одновременным извлечением ценных компонентов и получением новых видов товарной продукции.

Проектирование систем водопользования должно осуществляться одновременно с проектированием основной технологии с учетом научно обоснованных требований к качеству воды и правил ее использования (они должны определять, где, как, сколько и какого качества воду следует использовать). При этом регенерация рассматривается не как вспомогательная, а как основная завершающая операция производства товарного продукта.

В настоящее время есть возможность во многих отраслях промышленности предусмотреть замкнутые системы водоснабжения. На многих предприятиях такие системы уже созданы. В ряде случаев стоимость очистки сточных вод для повторного использования их в системе промышленного водоснабжения может быть значительно ниже стоимости их очистки при выпуске в водный объект.

Необходимо отметить, что экологически замкнутые территориально-промышленные комплексы (ТПК) лучше создавать на стадии проектирования. Системный подход к их созданию с полной утилизацией отходов — одно из наиболее конструктивных направлений в решении экологических проблем. Основой для создания экологически замкнутых комплексов служит анализ энерго- и массообмена существующего или проектируемого промышленного комплекса с окружающей средой в рамках определенной территории.

***Классификация экозащитных процессов***

Классификация экозащитных процессов (по аналогии с классификацией химико- технологических процессов) может быть проведена в зависимости от разных факторов: от фазового состояния вещества (т. е. от размера частиц примесей) в растворе или воздухе, количества и состава загрязнений, скорости протекания процессов, природы протекающих процессов и т. д.

Согласно концепции депонирующих сред основной средой, способной накапливать и перемещать примеси, является водная среда. Следовательно, в первую очередь необходимо классифицировать примеси и экозащитные процессы, протекающие именно к этой среде. На качество воды большое влияние оказывают вещества, которые находятся в воде в различных концентрациях и фазовых состояниях. Избыточная концентрация некоторых из них может оказывать негативное влияние как на человека, так и на биологическую обстановку в природном водоеме. Поэтому при сбросе воды после технологического процесса необходимо проводить извлечение многих загрязняющих веществ и добиваться установленной предельно допустимой концентрации (ПДК) в стоке.

Все химические соединения, присутствующие в воде, можно разделить на органические и неорганические, а также классифицировать их по фазовому состоянию в растворе.

***Особенности химико- технологических и экозащитных процессов***

Следует отметить, что теоретические основы разработки новых производственных процессов уже были созданы для решения задач химической технологии. Однако при этом не были учтены особенности применяемых процессов, их влияние на окружающую среду и ее техногенное загрязнение, не рассматривается возможность создания на основе этих процессов экологически чистых (малоотходных) технологий. Таким образом, помимо рассмотрения химико-технологических факторов необходимо еще учитывать и экологические факторы. Кроме того, необходимо определить, в чем заключается особенность разработки химической и технологической концепций применительно к решению экологических, а не химико- технологических задач.

Разработку новых экозащитных процессов и технологий начинают с анализа возможных способов решения проблемы и заканчивают проектом промышленного устройства и (или) метода, являющегося синтезом отдельных этапов исследования и проектирования процессов. Этот подход основан на оценке химических, технологических и экологических факторов, характеризующих производственный процесс, и может использоваться для сравнительной оценки конкурирующих экозащитных процессов. Рассмотрим подробнее эти факторы.

***Химические особенности экозащитного процесса***

При разработке экозащитных процессов и технологий необходимо учитывать комплекс различных факторов, которые являются взаимосвязанными и взаимозависимыми. Иногда бывает сложно разделить химические и технологические факторы, влияющие на выбор метода очистки. Однако учет химических факторов предполагает:

• определение состава, концентрации и количества (массового или объемного расхода), образующихся при промышленном производстве веществ, в первую очередь токсичных, входящих в состав газовых выбросов, водных сбросов или твердых отходов;

• установление последовательности физических и химических процессов (с учетом их скоростей), обеспечивающих защиту окружающей среды, в том числе обезвреживание загрязняющих веществ с возможностью их дальнейшей рекуперацией и повторного использования.

***Технологические особенности экозащитного процесса***

При разработке технологической схемы экозащитного процесса необходимо проанализировать пять технологических принципов:

1) принцип наилучшего использования разности потенциалов;

2) принцип наилучшего использования сырья;

3) принцип наилучшего использования оборудования;

4) принцип наилучшего использования энергии;

5) принцип технологической соразмерности.

Для того чтобы выбрать один из нескольких конкурирующих технологических или экозащитных процессов, необходимо проанализировать, насколько все они соответствуют всем перечисленным принципам, однако на практике указанные технологические принципы приходится упрощать из-за отсутствия надежных числовых характеристик и констант рассматриваемых процессов.

***Экологические особенности экозащитного процесса***

В каждом случае создания экозащитного процесса необходимо учитывать не только его технические характеристики, выявленные при использовании пяти ранее перечисленных технологических принципов, но и экономические показатели.

На сегодняшний день, когда на решение экологических проблем выделяются незначительные средства, предпочтение отдается простым, дешевым и высокопроизводительным экозащитным процессам и технологиям, позволяющим в первую очередь обеспечить защиту окружающей среды от токсичных веществ, содержащихся в выбросах и сбросах промышленных предприятий.

При увеличении затрат на решение экологических проблем возможна разработка более сложных, комплексных и универсальных технологий, позволяющих не только защитить окружающую среду от загрязнения токсичными веществами, но и в значительной степени перерабатывать (рекуперировать) эти вещества, т. е. осуществить задачу создания экологически чистого (малоотходного) производства.

Анализируя экологические факторы при выборе технологической схемы экозащитного процесса необходимо учитывать фоновое загрязнение. Фоновая концентрация токсичного вещества является геофизическим показателем загрязнения окружающей среды в отличие от санитарного показателя — величины ПДК.

В настоящее время используют три экологические концепции: концепция воздушной среды как главного фактора создания экологической ситуации в промышленном регионе, концепция водооборота промышленного региона как фактора его жизнеобеспечения и концепция депонирующих сред.

Они позволяют провести оценку состояния окружающей среды в промышленном регионе. Однако при решении основной задачи промышленной экологии — инженерной защиты окружающей среды от производственных и транспортных загрязнений, данные положения являются слишком общими. При организации экологически чистого производства должны применяться следующие способы:

1. Подавление выделения или замедление скорости образования вредных веществ в источнике их образования (на уровне единичного технологического процесса).

2. Использование эффективных экозащитных процессов для локальной очистки стоков и снижение концентраций образующихся вредных веществ до безопасных значений.

3. Создание ресурсосберегающих замкнутых технологических (ресурсных и сырьевых) циклов производств, практически не загрязняющих окружающую среду.

Реализовать первый из перечисленных принципов можно путем замены токсичных материалов, используемых в технологическом процессе, на нетоксичные. Примером этого может служить замена токсичных цианидов, входящих в состав электролитов, на нетоксичные вещества при нанесении гальванических покрытий. Этот принцип можно также осуществить за счет использования специально подобранных реагентов, позволяющих эффективно провести технологический процесс с одновременным подавлением образования загрязняющих окружающую среду веществ. Кроме того, правильно организованная операция улавливания стекающих избытков электролита с поверхности изделий при хромировании значительно сокращает его вынос из гальванической ванны в ванну промывки, тем самым уменьшая концентрации загрязняющих веществ в конце процесса.

Кроме использования соответствующих реагентов и материалов данный принцип можно осуществить, регулируя основные параметры технологического процесса (например, изменение pH среды, выбор оптимальных технологических параметров оборудования или подбор скорости пропускания воды).

Третий из предложенных принципов включает в себя комплекс требований, предъявляемых к созданию экологически чистых (малоотходных) процессов и производств.

***Разработка технологической схемы экозащитного процесса с учетом***

***химико-технологических и экологических факторов***

Разработка процессов очистки сточных вод или газовоздушных выбросов по существу сводится к применению основных принципов конструирования к конкретной практической ситуации при обеспечении возможно большей экономичности. Однако следует учитывать тот факт, что невозможно разработать универсальную методику очистки (каждое предприятие имеет особенности, которые необходимо учитывать в каждом конкретном случае), можно лишь предложить последовательность стадий разработки процесса очистки.

1. Определение характеристик сбросов (концентрации примесей и качественный состав).

2. Установление требований к выбросам после очистки.

3. Разработка химической концепции метода на основе стехиометрических и термодинамических экспресс-расчетов. Анализ кинетики реакций.

4. Анализ химических, технологических и экологических факторов процесса (с учетом принципов организации безотходного производства).

5. Выбор метода очистки.

6. Составление принципиальной технологической схемы процесса на основе материального и энергетического балансов.

7. Исследования на пилотной установке с оценкой методов регулирования свойств осадка и регенерации электролита.

8. Разработка альтернативных проектов для процесса с полной проектной мощностью.

9. Сопоставление экономичности вариантов процесса.

10. Выбор окончательного варианта.

Разработку новых экозащитных процессов и технологий начинают с анализа возможных способов решения проблемы и заканчивают проектом промышленного устройства и (или) метода, являющегося синтезом отдельных этапов исследования и проектирования процессов. Этот подход основан на оценке химических, технологических и экологических факторов, характеризующих производственный процесс, и сравнении конкурирующих типовых экозащитных процессов, обычно используемых для решения той или иной практической задачи.

Обобщим рассмотренные ранее химико-технологические и экологические особенности экозащитных процессов и рассмотрим этапы практической разработки его технологической схемы.

Как уже говорилось ранее, анализ химических факторов, влияющих на создание экозащитных процессов и технологий, предполагает:

• определение количественного и качественного состава стоков, выбросов (т. е. концентрации и объемного расхода) или твердых отходов;

• определение кинетики (скорости протекания) химических или физико- химических процессов (теоретические расчеты или экспериментальные исследования);

• установление последовательности процессов очистки или переработки отходов;

• определение требуемого (теоретического) количества реагентов, а также количества образовавшихся в результате реакций осадков, шламов и отходов (побочных веществ);

• установление ограничений по использованию метода (например, наличие в стоках смазочно- охлаждающей жидкости (СОЖ), поверхностно- активных веществ (ПАВ) и др.);

• определение пороговых значений концентраций для данного метода;

• возможность использования в условиях резкого колебания концентраций (концентраций проскока);

• интервал возможных изменений рН.

Анализ технологических факторов, определяющих эффективность производственного экозащитного процесса, — это создание высокопроизводительных, эффективных, простых и экономически рентабельных экозащитных способов, устройств и технологий. При их разработке необходимо определить и оценить:

• число, последовательность и вид составляющих единичных технологических процессов (или их комбинацию);

• пожаро- и взрывоопасность используемых методов;

• фактическую длительность и интенсивность процесса;

• режим функционирования установки;

• необходимость выполнения ручных операций;

• примерную площадь, занимаемую установкой (установками);

• энергетические затраты.

Анализ экологических факторов предполагает выбор эффективных методов и способов защиты окружающей среды (воздушной и водной сред, а также почвы), обеспечивающих снижение содержания загрязняющих веществ в выбросах, сбросах или отходах до безопасной (ПДК) или нулевой концентрации. Проанализировать экологические факторы на практике — это значит:

• провести анализ состояния окружающей среды до и после внедрения экозащитных мероприятий и определить их эффективность;

• определить возможности создания экологически чистых (малоотходных) технологий и ресурсосберегающих производств на основе выбранных экозащитных процессов.

С этой цель определяются следующие количественные и качественные параметры метода:

• концентрации экотоксикантов, содержащихся в выбросах и сбросах, в компонентах окружающей среды (фоновые концентрации, ориентировочно допустимые концентрации (ОДК));

• надежность связывания экотоксикантов при применении метода очистки;

• возможность регенерации отходов и материалов;

• токсичность реагентов и отходов;

• возможность использования воды в оборотной системе водоснабжения;

• критерии эффективности очистки (экспресс-оценка);

• возможность использования побочных продуктов и отходов в смежных процессах.

На практике при разработке технологической схемы экозащитного процесса в первую очередь учитывают химические и экологические факторы, а затем схему детализируют с учетом технологических факторов.

Исходя из всего изложенного, система защиты среды обитания предусматривает использование высокоэффективных существующих и вновь разработанных экозащитных процессов и технологий.

**1. 2. Лекция №2 (2 час).**

**Тема: «Основные регулирующие нормативные документы в сфере защиты среды. Ответственность должностных лиц за нарушения норм безопасности и экологичности на объектах техносферы»**

Основные регулирующие нормативные документы в сфере защиты среды содержат нормы (экологические требования, нормативы качества компонентов окружающей природной среды и нормативы воздействия на них), выполнение которых проверяется в процессе экологического аудита. Нормативные правовые акты, как правило, служат основой для выработки критериев, используемых при оценке объектов аудита, а также (совместно с нормативно-методическими и нормативно-техническими документами) используются для проверки соответствия этим критериям.

Состав документов, посвященный вопросам охраны окружающей среды и регулирования использования природных ресурсов, и по объему и по тематике чрезвычайно разнообразен и включает документы всех уровней.

Основной закон — Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды», который призван способствовать формированию и укреплению экологического правопорядка и обеспечению экологической безопасности на территории Российской Федерации. Законом определены задачи всего природоохранительного законодательства Российской Федерации, включающие регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека, предотвращения экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, оздоровления и улучшения качества окружающей природной среды, укрепления законности и правопорядка в интересах настоящего и будущих поколений людей.

Основными принципами охраны окружающей природной среды согласно ст. 3 Закон в частности являются:

— соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;

— обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;

— научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды;

— охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;

— платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде;

— независимость контроля в области охраны окружающей среды;

— презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;

— обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность.

Ниже перечислены основные законы и иные нормативные акты РФ в области природопользования и охраны окружающей среды в основном включают:

* Федеральный закон (ФЗ) «Об охране окружающей среды» (2002) , который лежит в основе природоохранного законодательства РФ и охватывает все аспекты природопользования и охраны окружающей среды. Нормы других законов в области охраны окружающей среды не должны противоречить Конституции РФ и ФЗ «Об охране окружающей среды»;
* ФЗ «Об экологической экспертизе» (1995) (в настоящий документ вносятся изменения на основании: Федерального закона от 21.07.2014 N 219-ФЗ с 1 января 2015 года, с 1 января 2018 года; Федерального закона от 21.07.2014 N 261-ФЗ с 1 февраля 2015 года). Регулирует отношения в области экологической экспертизы, направлен на реализацию конституционного права граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду посредством предупреждения негативных воздействий на нее и предусматривает в этой части реализацию конституционного права субъектов Российской Федерации на совместное с Российской Федерацией ведение вопросов охраны окружающей среды и обеспечение экологической безопасности;
* ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (1995) (в настоящий документ вносятся изменения на основании Федерального закона от 23.06.2014 N 171-ФЗ с 1 марта 2015 года). Регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, достопримечательных природных образований, объектов растительного и животного мира, их генетического фонда, изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния, экологического воспитания населения;
* ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (1999) (в настоящий документ вносятся изменения на основании Федерального закона от 21.07.2014 N 219-ФЗ с 1 января 2015 года, с 1 января 2018 года). Устанавливает правовые основы охраны атмосферы и нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых выбросов (ПДВ), а также платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ;
* ФЗ «О радиационной безопасности населения» (1996, с изменениями на 19 июля 2011 года) определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья;
* ФЗ «Об отходах производства и потребления» (1998) (в настоящий документ вносятся изменения на основании: Федерального закона от 21.07.2014 N 219-ФЗ с 1 января 2015 года, с 1 января 2019 года; Федерального закона от 21.07.2014 N 261-ФЗ с 1 февраля 2015 года). Определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья;
* ФЗ «О недрах» (1992) (в настоящий документ вносятся изменения на основании: Федерального закона от 21.07.2014 N 261-ФЗ с 1 февраля 2015 года) регулирует правовые отношения при изучении, использовании и охране недр;
* ФЗ «О животном мире» (1995, с изменениями на 7 мая 2013 года) регулирует отношения в области охраны и использования животного мира, а также в сфере сохранения и восстановления среды обитания в целях обеспечения биологического разнообразия, устойчивого использования всех его компонентов, создания условий для устойчивого существования животного мира, сохранения генетического фонда диких животных и иной защиты животного мира как неотъемлемого элемента природной среды;
* Земельный кодекс РФ (2001) (в настоящий документ вносятся изменения на основании: Федерального закона от 23.06.2014 N 171-ФЗ с 1 марта 2015 года; Федерального закона от 21.07.2014 N 234-ФЗ с 1 января 2015 года; Федерального закона от 21.07.2014 N 217-ФЗ (в части изменений, вступащих в силу с 1 марта 2015 года); Федерального закона от 21.07.2014 N 224-ФЗ (в части изменений, вступащих в силу с 1 марта 2015 года). Регламентирует охрану земель и защиту окружающей природной среды от возможного вредного воздействия при использовании земли;
* Водный кодекс РФ (2006, с изменениями на 28 июня 2014 года) регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов и направлен на охрану вод от загрязнения, засорения и истощения;
* Лесной кодекс РФ (2006, с изменениями на 21 июля 2014 года) устанавливает правовые основы рационального использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, повышения их экологического и ресурсного потенциала;
* ФЗ Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации (2011, с изменениями на 21 июля 2014 года) регулируют отношения граждан, органов государственной власти и управления, хозяйствующих субъектов, субъектов государственной, муниципальной и частной систем здравоохранения в области охраны здоровья граждан.

Указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ затрагивают широкий круг экологических вопросов.

Нормативные акты природоохранных министерств и ведомств издаются по вопросам рационального использования и охраны окружающей природной среды в виде постановлений, инструкций, приказов и т. д. Они являются обязательными для других министерств и ведомств, физических и юридических лиц.

Нормативные решения органов местного самоуправления дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей природной среды.

Ответственность должностных лиц за нарушения норм безопасности и экологичности на объектах техносферы регулируется Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП) (с изменениями на 21 июля 2014 года, редакция, действующая с 6 августа 2014 года).

**1. 3. Лекция №3 (2 час).**

**Тема: «Источники загрязнения атмосферного воздуха»**

**Загрязнение атмосферного воздуха**

Под загрязнением атмосферного воздуха следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное [воздействие на здоровье человека](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vlianie-prirodno-ekologiceskih-faktorov-na-zdorove-celoveka)и животных, состояние растений и [экосистем](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/ekosistema).

**Виды загрязнения**

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](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vidy-vozdejstvia-na-prirodnuyu-sredu/osnovnye-zagryaznaushie-veshestva) в процессе деятельности человека. По своим масштабам оно 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.

**Классификация загрязнений атмосферы по агрегатному состоянию**

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются на:

* газообразные ([диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vidy-vozdejstvia-na-prirodnuyu-sredu/harakteristiki-zagryaznitelej-atmosfery) 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.).

**Источники загрязнения воздуха**

В настоящее время основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются следующие отрасли: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), предприятия черной и цветной металлургии, машиностроение, производство стройматериалов, химическая, нефтедобывающая и нефтехимическая промышленность.

Главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха, образующиеся в процессе производственной и иной деятельности человека, — диоксид серы (SO2), оксид углерода (СО), оксиды азота (NOX) и твердые частицы, на долю которых приходится около 98% в объеме выбросов вредных веществ, и их концентрации наиболее часто превышают допустимые уровни во многих городах РФ. Помимо главных загрязнителей, в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ, среди которых — формальдегид, фтористый водород, соединения свинца, аммиак, фенол, бензол, сероуглерод, токсичные летучие растворители (бензины, спирты, эфиры и др.).

Наиболее опасное загрязнение атмосферы — радиоактивное. В настоящее время оно обусловлено в основном глобально распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами-продуктами испытания ядерного оружия.

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

В целом, если судить по официальным данным за последние 10 лет, уровень загрязнения атмосферного воздуха в нашей стране, особенно в городах, остается высоким, несмотря на значительный спад производства, что связывают прежде всего с увеличением количества автомобилей.

# Смог

Смогом называется ядовитая смесь дыма, тумана, пыли.

Различают два типа смога:

* зимний смог (лондонского типа);
* 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.

Английские специалисты определили, что смог содержал несколько сотен тонн дыма и сернистого ангидрида. В Лондоне в эти дни было обнаружено, что смертность увеличивается прямо пропорционально концентрации в воздухе дыма и сернистого газа.

Ученые считают, что ежегодно тысячи смертных случаев в городах всего мира связаны с [загрязнением воздуха](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/zagryaznenie-atmosfery).

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](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vidy-vozdejstvia-na-prirodnuyu-sredu/pri-pererabotke-i-hranenii-nefti) в сочетании с аэрозолем серной кислоты. При вдыхании этой смеси сернистый газ достигает легочных альвеол 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.

Однако в 30-х гг. над Лос-Анджелесом стал появляться смог и в теплое время года, как правило, летом и ранней осенью, в жаркие дни. 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](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vidy-vozdejstvia-na-prirodnuyu-sredu/osnovnye-zagryaznaushie-veshestva) автомобильных выбросов.

В фотохимическом тумане лос-анджелесского типа [в ходе фотохимических реакций образуются новые вещества](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/vidy-vozdejstvia-na-prirodnuyu-sredu/harakteristiki-zagryaznitelej-atmosfery)(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. На каждом километре пути легковой автомобиль выделяет около 10 г оксида азота. А в Лос-Анджелесе, где имеется более 4 млн автомобилей, в воздух поступает около 1000 т этого газа в сутки. Кроме того, здесь часты температурные инверсии — до 260 дней в году.

Слой инверсий располагается на небольших высотах (300-900 м), а интенсивность солнечной радиации достаточно высока, поэтому явно выраженный фотохимический туман наблюдается в Лос-Анджелесе более 69 дней в году. Отсюда и пошла печальная слава этого города как родины фотохимического тумана — явления, искусственно созданного человеком.

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. Фотохимический туман отрицательно действует на нервно-психическую сферу, вызывает обострение бронхиальной астмы. Повреждает он и растения, особенно салатные культуры, бобы, свеклу, злаки, виноград, декоративные насаждения.

К важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся:

* возможное [потепление климата (парниковый эффект)](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/zagryaznenie-atmosfery/parnikovyj-effekt);
* [нарушение *озонового слоя*](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/zagryaznenie-atmosfery/narushenie-ozonovogo-sloya);
* выпадение [*кислотных дождей*](http://www.oblasti-ekologii.ru/ecology/zagryaznenie-atmosfery/kislotnye-dozhdi).

**1.4. Лекция №4 (2час).**

**Тема: «Нормирование качества атмосферы»**

*Нормирование атмосферных загрязнений*

Доля каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, установлены два норматива:

1) максимальная разовая предельно допустимая концентрация за 20 мин измерения (осреднения) – ПДКм.р., мг/м3;

2) среднесуточная предельно допустимая концентрация, осредненная за длительный промежуток времени (вплоть до года) – ПДК С.С., мг/м3.

*ПДК вредного вещества в атмосфере* (во внешней среде) – это максимальная концентрация, отнесенная к определенному периоду осреднения (20-30 мин, 24ч, месяц, год), которая не оказывает ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на человека и санитарно-гигиенические условия жизни. При действии на организм одновременно нескольких вредных веществ, обладающих суммарным действием, сумма отношений фактических концентраций каждого вещества (С1, С 2,… С  n) в воздухе и его ПДК (ПДК1, ПДК2, ПДК3, … ПДКn) не должна превышать единицу: С1/ПДК1 + С2/ПДК2 +… + Сn/ ПДКn ≤ 1.

Для регулирования состава воздуха введен и строго контролируется предельно допустимый выброс (ПДВ). Этот показатель является научно-обоснованной технической нормой выброса вредных веществ из промышленных источников в атмосферу.

*Классификация источников загрязнения атмосферы*

Источники загрязнений воздуха подразделяются на источники выделения и источники выбросов вредных веществ в атмосферу.

**Источники выделения вредных веществ в атмосферу** – технологические установки, аппараты, агрегаты, очистные сооружения, сооружения оборотного водоснабжения и т.д., которые в процессе эксплуатации выделяют вредные вещества.

**Источники выбросов вредных веществ**  - трубы, вентиляционные шахты, дыхательные клапаны резервуаров, открытые поверхности очистных сооружений, через которые выбрасываются вредные вещества.

Промышленные производства в зависимости от характерных для них выбросов разделяют на 4 группы:

- производства с условно чистыми технологическими вентиляционными выбросами с содержанием вредных веществ,  не превышающим ПДК в рабочей зоне производственных помещений (печи, работающие на газе и мазуте);

- производства, характеризующиеся неприятно пахнущими выбросами; (производство HNO3 с каталитической очисткой);

- производства, выбрасывающие значительные количества газа, содержащего нетоксичные или инертные вещества (дробильное, сушильное оборудование);

- производства, выбрасывающие в атмосферу токсичные и канцерогенное вещество (производство фенола, метанола, полиэтилена).

1) В зависимости **от типа системы**, из которой выбрасываются вредные вещества, выбросы делятся на:

- технологические (хвостовые технологические, при продувке, из воздушек  аппаратов, утечки через неплотности оборудования) в которой высокая концентрация вредных веществ;

-  вентиляционные (выбросы механической и естественной общеобменной вентиляции , характеризующиеся низким содержанием вредных веществ);  местной вытяжной вентиляции (по характеристике выбросы близки к технологическим).

2) **По расположению  в потоке ветра** источники выбросов подразделяются на:

- высокие (трубы, высота которых в 3,5 раза больше высоты близлежащих зданий);

-  низкие (эффективная высота выбросов меньше высоты циркуляционной зоны, возникающей над и за зданием).

3) В зависимости **от температуры** выбросы делятся на:

- сильно нагретые (Δt = tвыбр – tокр.> 100° С) газы факелов, дымовые газы

- нагретые (20° С< Δt < 100° С)

- слабо нагретые (5° С < Δt < 20° С)

- изотермические (Δt = 0)

- охлажденные (Δt < 0° С).

4) **По режиму работы**:

- постоянные с равномерным **объемом выбросов** или равномерно изменяющимися

-  периодическими

-  залповыми.

5) **По степени централизации**:

- централизованные (собирающиеся в одну или 2 трубы)

- децентрализованные (самостоятельный выброс от каждого технологического агрегата).

6) **По организации на**:

- организационные выбросы – это те, которые отводятся от мест выделения системой газоотводов. На нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях: дымовые трубы технологических печей, печей сжигания отходов, ТЭЦ, котельных, циклонов, абсорберов, факела; воздушки емкостей и аппаратов и др;

- неорганизованные – выбросы, образующиеся на открытых поверхностях очистных сооружений, выделяющиеся через неплотности технологического оборудования, в местах складирования сыпучих веществ. К неорганическим выбросам относятся и условно организованные выбросы из резервуаров, сливно-наливных эстакад, градирен.

Вещества, загрязняющие воздух **по агрегатному состоянию** подразделяются на:

- газо- и парообразные вещества;

- жидкие;

- твердые.

**Стратегия и тактика защиты атмосферы**

Серия планов, программ и мер по защите атмосферы обычно носит наименование «стратегии защиты атмосферы». В качестве технических мер, направленных на снижение уровня загрязнения воздуха, можно выделить три возможных вида ограничения выбросов:

1) постоянные ограничения;

2) временные относительные ограничения;

3) пространственные относительные ограничения.

Существует также три вида мер в отношении источников загрязнения:

1) минимизация количества выбросов;

2) локализация источника;

3) регулировка высоты дымовой трубы.

Ключевым аспектом защиты атмосферы являются технические меры в отношении источника загрязнения, поскольку они определяют возможные ограничения выбросов загрязняющих веществ и, следовательно, обладают непосредственным воздействием на уровень загрязнения.

Защита атмосферы включает комплекс технических и административных мер, прямо или косвенно направленных на прекращение или уменьшение возрастающего загрязнения атмосферы, являющегося следствием промышленного развития.

Основные направления технических мероприятий по ограничению уровня загрязнения воздуха:

*А. Меры, приводящие к абсолютному снижению выбросов загрязняющих веществ:*

а) модифицирование путем коренного и постоянного изменения технологии производства для достижения минимальных выбросов;

б) отделение твердых частиц, а также удаление и обезвреживание газообразных продуктов, являющихся загрязнениями (включая десульфуризацию отходящих топочных газов);

в) контролируемое распределение различных типов топлива по его качеству, чтобы ограничить выбросы загрязняющих веществ в отдельных регионах, наиболее неблагоприятных с точки зрения загрязнения воздуха;

г) повышение степени распределения загрязняющих веществ на большую площадь путем применения более высоких дымовых труб.

*Б. Изменение процессов (сжигания или технологических) во времени, ведущая к относительным снижениям выбросов загрязняющих веществ во время максимальных выбросов (в действительности, это одна из основных мер, применяемых при чрезвычайных метеорологических условиях, заключающаяся во временном оптимизировании условий производства посредством замены максимальных выбросов большим числом малых выбросов):*

а) ограничение применения процессов горения в периоды максимального загрязнения воздуха, причем необходимая мощность достигается как за счет повышения степени использования, так и за счет других источников;

б) постоянный контроль качества процесса горения или производственных условий, а также их регулировка для устранения избыточных кратковременных загрязнений воздуха;

в) кратковременное замещение на более «чистые» виды топлив и сырья в рассматриваемом источнике с позиций загрязняющих выбросов (использование твердых и жидких топлив с меньшим содержанием серы);

г)  применение мокрых скрубберов исключительно при особенно неблагоприятных метеорологических условиях (например, для десульфуризации отходящих газов в случаях, когда удаляемые вещества невозможно постоянно отделять или утилизировать) либо подача газов через байпас при отключенных абсорбентах.

*В.  Региональные (локальные) изменения количества выбросов загрязняющих веществ в целях устранения локальных максимумов:*

а) перемещение в периоды экстремальных метеорологических ситуаций производства энергии из районов с более неблагоприятными условиями в регионы с более удовлетворительными метеорологическими условиями распространения выбросов;

б) перемещение источников загрязнений из критических регионов и планируемое размещение новых источников таким образом, чтобы выбросы в местностях, наиболее страдающих от действия загрязняющих веществ (что, безусловно, приводит к повышенной загрязненности и других районов), не увеличивались;

Важнейший фактор защиты атмосферы – количественная оценка будущих выбросов. На основании анализа источников выбросов в отдельных промышленных районах, выведена общенациональная оценка основных источников твердых и газообразных выбросов за последние 10 – 14 лет. Затем сделан прогноз о возможном уровне выбросов на предстоящие 10 – 15 лет.

При этом учитываются два направления развития национальной экономики:

1) пессимистическая оценка – допущение о сохранении существующего уровня технологии и ограничений по выбросам, а также о сохранении существующих методов контроля загрязнений на действующих источниках и о применении современных высокоэффективных сепараторов только на новых источниках выбросов;

2) оптимистическая оценка – допущение о максимальном развитии и использовании новой технологии с ограниченным количеством отходов и применении методов, снижающих твердые и газообразные выбросы как от существующих, так и от новых источников. Таким образом, оптимистическая оценка становится целью уменьшения выбросов.

**1.5. Лекция №5 (2час).**

**Тема: «Инженерно-экологические системы»**

*Инженерная экология* – это система инженерно-химических предприятий, направленных на сохранение качества природной среды в условиях растущего промышленного производства.

Понятие охраны природы имеет двоякий смысл:

1. Комплексная научная дисциплина, разрабатывающая общественные принципы и методы сохранения и восстановления природных ресурсов.
2. Система мероприятий, направленных на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей его природы.

Понятие окружающей среды также имеет два смысла:

1. Это внешняя, но находящаяся в непосредственном контакте с субъектом или объектом среда.
2. Это совокупность абиотической (неживой), биотической (живой) и социальных сред, совместно оказывающих влияние на человека и его хозяйство.

*Охрана окружающей природной среды* – это комплекс государственных, международных, региональных, административно-хозяйственных, политических и общественных мероприятий, направленных на поддержание химических, физических и биологических параметров функционирования природных систем в пределах необходимых с точки зрения здоровья и благосостояния человека.

Основы общей экологии:

Учение о биосфере и её эволюции (В.И.Вернадский)

Согласно В.И.Вернадскому *биосфера* – это оболочка земли, включающая как область распространения живого вещества, так и само живое существо. На Земле жизнь сосредоточена в гидросфере, литосфере и тропосфере. Нижняя граница атмосферы расположена на 2-3 км ниже поверхности материков и на 1-2 км ниже дна океана.

Верхняя граница биосферы – озоновый слой, который расположен в стратосфере на 20-25 км от поверхности Земли.

За несколько миллиардов лет своего существования биосфера прошла сложную эволюцию.

Основным этапом было возникновение жизни из неживой материи. Этому предшествовало образование сложных органических веществ из водорода, аммиака, углекислого газа, метана и воды под воздействием высоких температур, электроразрядов, солнечного излучения и вулканической деятельности. Из-за этого образовывались молекулы аминокислот, азотистых оснований, т.е. вещества, из которых состоят белки, нуклеиновые кислоты и вещества-носители энергии АДФ, АТФ.

Важнейшим этапом эволюции было то, что органические вещества подвергались процессам распада и синтеза, причём продукты распада одних молекул являлись источником синтеза для других молекул. Так возник первичный водоворот органических веществ. Концентрация органических веществ в толще воды была неравномерной. В результате возникали калоидные сгущения, получившие название коацерват. Характерная особенность – наличие границы с окружающей средой. Коацерваты рассматривались в качестве первой биоструктуры. Эти капли разрушались, образовывались вновь, делились. В конечном итоге получилось, что сохраняться могли лишь те капли, которые при делении не теряли в дочерних каплях свои признаки, химический состав и структуру, т.е. приобрели способность к самовоспроизводству. Важной особенностью коацерватов было то, что они могли избирательно поглощать из окружающей среды необходимые им вещества и избавляться от ненужных веществ. Этот момент даёт начало обмену веществ, процессам переноса энергии и информации. Согласно существующей сейчас теории также и появились первые живые организмы. Дальнейшее усложнение жизни связано с возникновением многоклеточных организмов. Наиболее развитой и признанной сейчас является колониальная гипотеза возникновения многоклеточных организмов. Согласно этой гипотезе произошло следующее: клетка разделилась, но её дочерние составляющие не разошлись, а стали существовать вместе. Причём сначала обе клетки были абсолютно одинаковыми, а потом стали возникать различия в химическом составе и структуре, что соответственно привело к функциональной специализации. Одни клетки стали отвечать за поглощение, другие – за движение, третьи – за размножение. В течение миллионов лет многоклеточные организмы эволюционировали и в конце концов появился человек, который сейчас преобразовывает биосферу в ноосферу.

**1.6. Лекция №6 (2час).**

**Тема: «Методы очистки воздуха»**

***Классификация пылеулавливающих аппаратов. Очистка газов от взвешенных частиц***

**Очистка газа** – отделение от газа или перевод в безвредное состояние загрязняющего вещества, выбрасываемого промышленным источником.

При выборе метода очистки учитывают вид загрязнений, их химические и физико-химические свойства, характер производства, возможность использования имеющихся в производстве веществ в качестве поглотителей для газа, целесообразность утилизации отделенных примесей, затраты на очистку.

Очистка газов осуществляется в газоочистных аппаратах.

**Газоочистным аппаратом называется** элемент газоочистной установки, в котором осуществляется определенный избирательный процесс улавливания твердых, жидких или газообразных вредных веществ, содержащихся в отходящих газах или вентиляционном воздухе.

Аппараты очистки промышленных газов от взвешенных в них частиц могут быть объединены в основные группы:

1) аппараты сухой инерционной очистки газов от пыли (пылеосадительные камеры, жалюзийные и инерционные пылеуловители, циклоны одиночные, групповые и батарейные, дымососы-пылеуловители и др.);

2) аппараты мокрой очистки газов от пыли, а в отдельных случаях от жидких и газообразных примесей (полые и насадочные скрубберы, барботажные и пенные аппараты, турбулентные газопромыватели, аппараты эжекционного и центробежного действия);

3) аппараты для очистки газов от пыли (в отдельных случаях – от тумана) методом фильтрации (тканевые, зернистые и волокнистые фильтры и др.);

4) аппараты электрической очистки газов от пыли и тумана (электрофильтры мокрые и сухие различных типов);

5) аппараты химических методов очистки газов от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы и т.п.);

6) аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы и др.).

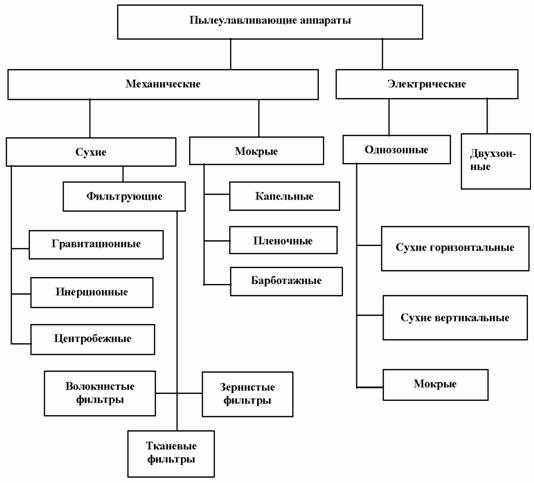


Рис. 3.1. Классификация промышленных пылеуловителей

На практике для достижения требуемой степени очистки газов применяются двухступенчатые и многоступенчатые установки, включающие аппараты одного и того же или разных типов.

Сооружение, предназначенное для улавливания из отходящих газов или вентиляционного воздуха содержащихся в них вредных примесей с целью предотвращения загрязнения атмосферы и состоящее из одного или нескольких газоочистных аппаратов, вспомогательного оборудования и коммуникаций, **называется газоочистной установкой**.

***Классификация пыли по дисперсности. Характеристика пыли (плотность, кажущаяся и истинная, слипаемость, смачиваемость)***

Для правильного выбора пылеулавливающего аппарата необходимы сведения о дисперсном составе пылей и туманов.

По дисперсности пыли классифицируются на 5 групп:

I – очень крупнодисперсная пыль, d50 > 140 мкм;

II – крупнодисперсная пыль d50 = 40 – 140 мкм;

III – среднедисперсная пыль, d50 = 10 – 40 мкм;

IV – мелкодисперсная пыль, d50 = 1…10 мкм;

V – очень мелкодисперсная пыль, d50 < 1 мкм.

При сравнении пылеуловителей различных типов, кроме общей и фракционной эффективности очистки, используют понятие «медианной d50 тонкости очистки», которая определяется размерами частиц, для которых эффективность осаждения в пылеуловителе составляет 0,50.

**Смачиваемость** частиц жидкостью (водой) влияет на работу мокрых пылеуловителей, а электрическая заряженность частиц – на их поведение в пылеуловителях и газоходах.

**Химическая активность** частицы пыли может вызывать коррозию газоочистного аппарата.

**Плотность.** Различают истинную и кажущуюся плотность частиц пыли, а также насыщенную плотность слоя пыли.

**Кажущаяся плотность частицы** – это отношение ее массы к объему. Для сплошных (непористых) частиц значение кажущейся плотности численно совпадает с истинной плотностью.

**Насыпная плотность** слоя пыли равна отношению массы слоя к его объему и зависит не только от пористости частиц пыли, но и от процесса формирования пылевого слоя. Насыпная плотность слежавшейся пыли примерно в 1,2 – 1,5 раза больше, чем у свеженасыпанной.

Насыпная плотность слоя определяет объем пыли в бункерах.

**Слипаемость.** Склонность частиц к слипаемости определяется ее адгезионными свойствами. Чем выше слипаемость пыли, тем больше вероятность забивания отдельных элементов пылеуловителя и налипания пыли на газоходах. Чем меньше пыль, тем выше ее слипаемость.

Все пыли IV и V групп дисперсности относятся к слипающимся пылям, а пыли I группы – к слабослипающимся. Слипаемость пыли значительно возрастает при ее увлажнении.

Необходимо знание химического состава пылей для прогноза условий работы и эффективности газоочистного аппарата в связи с химическими реакциями, которые могут в нем происходить (коррозийная способность, смачиваемость и т.д.). В случае электрофильтров необходимо учитывать влияние естественных электрических зарядов пыли.

***Сухие механические газоочистные аппараты (пылеуловители)***

Сухие механические пылеуловители можно разделить на 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), вращающиеся пылеуловители, принцип работы которых основан на действии центробежной силы.

К общим достоинствам сухих механических пылеуловителей относятся: простота конструкции и безотказность работы при обычных и высоких температурах; кроме того, в пылеуловителях первых двух групп обеспечивается возможность очистки химически активных газов. В сухих механических пылеуловителях можно извлекать из газов чистые продукты – пыли в сухом виде и жидкости в неразбавленном состоянии.

***Пылеосадительные камеры***

Отделение частиц пыли от газового потока **называется сепарацией**.

Для улавливания крупных частиц, размером 50 – 100 микрометров, используют пылевые камеры, газоходы, в которых частицы пыли осаждаются под действием силы тяжести.

Отделение пыли в **пылеосадительной камере** (рис. 3.2.1) происходит пари движении запыленного газа с такой малой скоростью, что частицы пыли успевают осесть под действием силы тяжести прежде, чем газ вынесет их из камеры.

Пылеосадительная камера представляет собой пустотелый прямоугольный короб, в нижней части которого имеется  бункер для сбора пыли (рис. 3). Скорость газа в пылеосадительных 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%. При работе с химически агрессивными газами внутренние поверхности пылеосадительных камер защищают специальными покрытиями.

Пылеосадительные камеры пригодны для улавливания крупных частиц размером не менее 50 мкм. Степень очистки газа в камерах не превышает            40 – 50%. При работе с химически агрессивными газами внутренние поверхности пылеосадительных камер защищают специальными покрытиями.

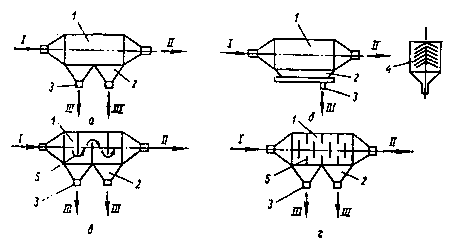


Рис. 3.2.1.  Пылеосадительные камеры:

а – полая; б – с горизонтальными полками; в, 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.

Эффективность осаждения в значительной мере определяется временем пребывания частицы в камере, что вызывает увеличение размеров камеры.

В наиболее неблагоприятных условиях находятся частицы под потолком камеры, которым для осаждения нужно пройти наибольший путь, равный высоте камеры Н.

Время осаждения пыли будет тем меньше, чем меньше высота камеры. Поэтому внутри камеры часто устанавливают (на расстоянии 400 – 1000 мм друг от друга) параллельные горизонтальные или наклонные перегородки (полки), на которых осаждается пыль при движении газа между перегородками. Таким путем увеличивается поверхность осаждения и достигается более равномерное распределение газа по ширине камеры (рис. 3.2.1 б,в,г).

Пылеосадительные камеры громоздки и малоэффективны; они используются только для предварительной грубой очистки газов и в настоящее время вытесняются газоочистительными аппаратами более совершенных типов.

Процессы осаждения, происходящие в пылевых камерах, наблюдаются и в горизонтальных газоходах. Однако в этих условиях осаждение пыли в большинстве случаев нежелательно, поэтому скорости в газоходах принимают значительно более высокими (18-20 м/с), чтобы обеспечить турбулентный режим движения и унос даже крупных частиц.

Сепарационная камера должна быть весьма объемной для обеспечения достаточно медленного движения газа в горизонтальной плоскости и исключения нежелательных локальных турбулентных потоков (как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении).

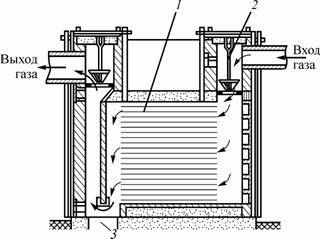


Рис. 3.2.2.  Многополочная осадительная камера:

1 – полки; 2 – затвор; 3 – люк для удаления пыли

В многополочной камере (рис. 3.2.2) сепарационное пространство секционировано горизонтальными полками, что существенно уменьшает продолжительность осаждения частиц, позволяет работать с более высокими скоростями газа, а также исключает вертикальное турбулентное перемешивание потока газовзвеси.

Для удаления пыли полки делают наклонными; применяют встряхивающие устройства, например, вибраторы, кулачковые встряхиватели.

***Инерционные пылеуловители. Радиальные пылеуловители (пылевые мешки)***

*Инерционные пылеуловители*

Работа инерционных пылеуловителей основана на том, что при всяком изменении направления движения потока запыленного газа частицы пыли (вследствие действия сил инерции) сходят с линий тока, могут быть выведены за пределы потока и уловлены.

Если в пылеосадительных камерах для изменения движения газов устанавливают перегородки (рис. 3.2.1), то 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 инерционные аппараты поступает со скоростью 5-15 м/с. Эти аппараты отличаются от обычных пылеосадительных камер большим сопротивлением и высокой степенью очистки газа.

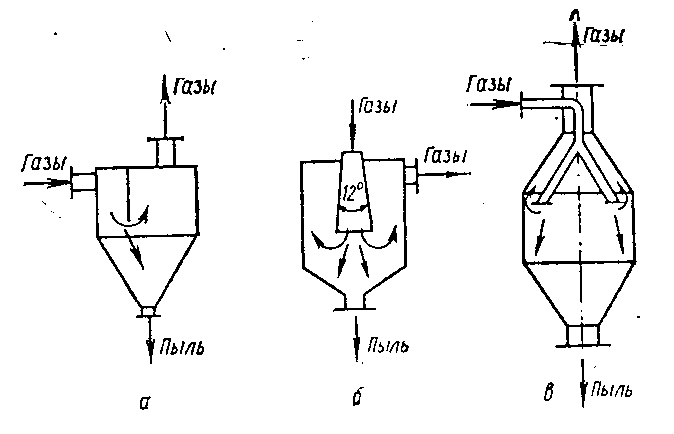


Рис. 3.2.1.  Инерционные пылеуловители с различными способами подачи и распределения  газового потока:

а – камера с перегородкой; б – камера с расширяющимся конусом; в – камера с заглубленным бункером.

*Радиальные пылеуловители (пылевые мешки)*

Пылеуловители такого типа широко применяют в доменном производстве в качестве первой ступени очистки доменного газа. По центральному газопроводу запыленный газ поступает в пылеуловитель сверху. Потеря скорости при выходе в большой объем пылеуловителя и поворот газового потока на 180° создают необходимые условия для выделения крупных частиц пыли, размером более 100 мкм, из потока газа и осаждения их под действием силы тяжести и сил инерции на дно пылеуловителя. Очищенный газ отводится через специальный патрубок в верхнем днище пылеуловителя. Скорость газа во входном патрубке принимают равной скорости газа в газопроводе, т.е. порядка 20 м/с, а скорость в подъемной части пылеуловителя не должна превышать 0,6 – 1,0 м/с.

Повышение этой скорости приводит к ухудшению пылеосаждения, а снижение – к неоправданному увеличению габаритов пылеуловителя.

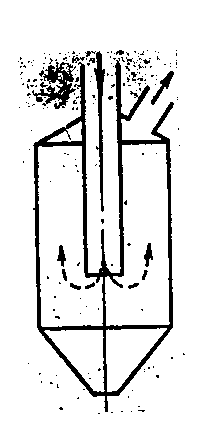


Рис. 3.2.3. Схема радиального пылеуловителя

Обычно эффективность радиальных пылеуловителей определяют приближенно с учетом действия только силы тяжести.

Если скорость витания больше скорости подъема газа в пылеуловителе, то частица выпадает в бункер, а если меньше, то будет вынесена за пределы пылеуловителя.

Зная дисперсный состав пыли, можно найти предельный размер частиц, которые будут уловлены и, следовательно, подсчитать эффективность работы пылеуловителя.

В условиях грубой очистки доменного газа коэффициент эффективности очистки радиальных пылеуловителей не превышает 60-70%.

Гидравлическое сопротивление радиальных пылеуловителей невелико и обычно составляет 200-300 Па.

***Жалюзийные пылеуловители***

В основе работы жалюзийного пылеуловителя лежит инерционно-отражательный принцип.

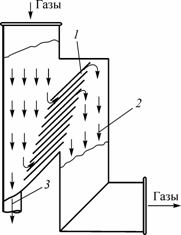


Рис. 3.2.4. 1Жалюзийный пылеуловитель

с частичным отводом запыленного газового потока:

1 – жалюзийная решетка;

2 – очищенные газы (около 90 об. %);

3 – запыленные газы (около 10 об. %)

На рис. 3.2.4.2 приведен жалюзийный золоуловитель, представляющий собой трубу 1 с решеткой 2, образованную наклонными перегородками. Взвешенные в газе частицы, проходя по трубе, ударяются о поверхность каждой перегородки  и отбрасываются от нее в сторону, противоположную движению основного потока

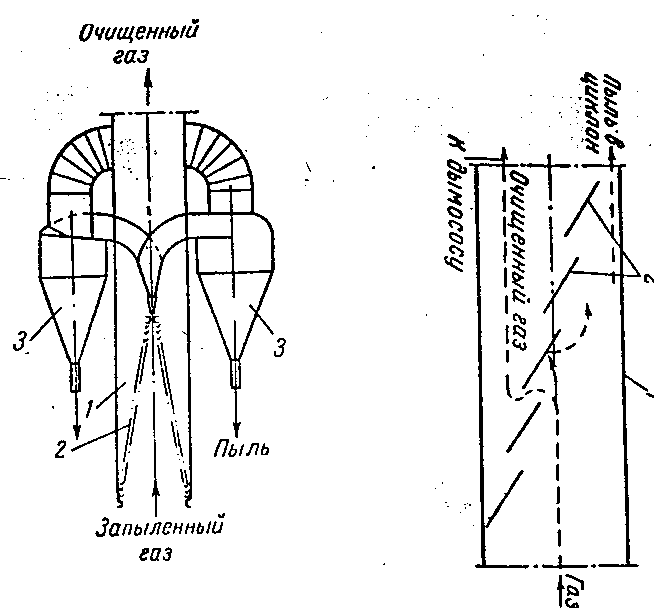


Рис. 3.2.4.2. Жалюзийный золоуловитель:

1 – труба;

2 – наклонные перегородки;

3 – циклон газа.

В результате по одну сторону решетки собирается часть газа (около 5 - 10%), содержащая основную массу пыли, а по другую сторону (90-95%) – удаляется очищенный газ. Газ удаляется из золоуловителя и дополнительно очищается в циклоне 3. Движение газа через циклон осуществляется главным образом за счет перепада давления на жалюзийной решетке.

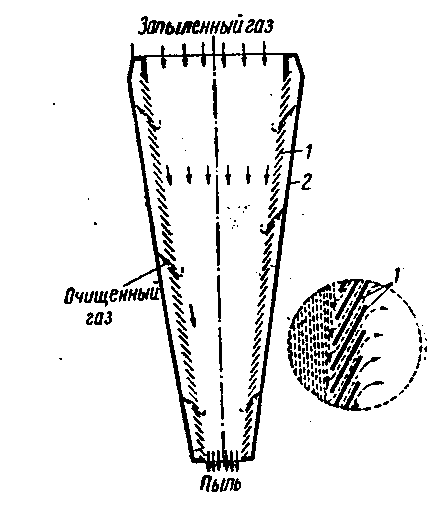


Рис. 3.2.4.3. Конический жалюзийный пылеуловитель:

1 – решетка;

2 – кожух

Аналогично работает конический инерционный пылеуловитель (рис. 3.2.4.3), решетка которого состоит из набора колец, установленных с зазором 2-3 мм и немного перекрывающих друг друга. Газ движется сверху вниз, многократно ударяясь о поверхность колец решетки и отражаясь от них. Пыль при этом отбрасывается к центру пылеуловителя и часть воздуха, обогащенного пылью, выходит через нижнее узкое отверстие аппарата. Основная масса газа, очищенная от пыли, проходит через решетку и ударяется из аппарата.

Общая эффективность очистки газа в жалюзийном пылеуловителе определяется произведением коэффициентов очистки решетки (ηр) и циклона (ηц) : η = ηр ηц.

Оптимальная скорость подхода газа к решетке лежит в пределах 12-20 м/с в зависимости от конструкции решетки, т.е. примерно равна скорости газа в газоходах.

Оптимальное значение скорости отсоса газа вы циклон примерно на 25% выше скорости подхода газа к решетке.

*Недостатки инерционных пылеуловителей*:

- невысокая степень очистки (примерно 60;);

- сравнительно большое гидравлическое сопротивление;

- большой размер частиц – более 25 мкм;

- быстрый и забивание перегородок.

*Достоинства:*

- простота и компактность;

- отсутствие движущих частей;

- жалюзийные пылеуловители могут устанавливаться в горизонтальных и вертикальных газопроводах.

**Циклоны. Определение гидравлического сопротивления и размера циклона**

Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газового потока внутри корпуса циклона. Это вращение достигается путем тангенциального ввода газа в циклон. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке газа, отбрасываются на стенки корпуса (1) и выпадают из потока. Газ, освобожденный от пыли, продолжая вращаться, совершает поворот на 180° и выходит из циклона через расположенную на оси выхлопную трубу (4) рис. 2.

На рис. 2-4  изображены различные типы циклонов.

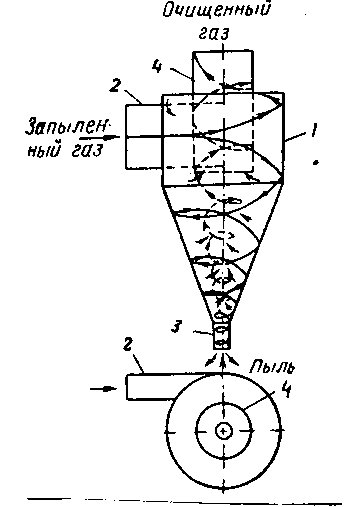


Рис. 2. Циклон с тангенциальным вводом:

1 – корпус;

2 – входной патрубок;

3 – пылеотводящий патрубок;

4 – выхлопная труба

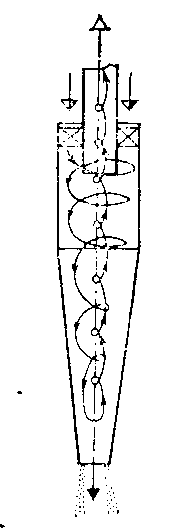


Рис. 3. Осевой циклон с возвратным потоком

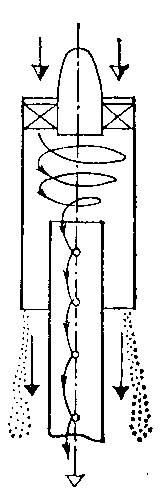


Рис. 4. Осевой прямоточный циклон

Частицы пыли, достигшие стенок корпуса, под действием перемещающегося в осевом направлении вращающегося потока и сил тяжести движутся по направлению к выходному отверстию корпуса и выводятся из циклона (3).

Ввиду того, что решающим фактором, обуславливающим движение пыли, являются аэродинамические силы, а не силы тяжести, циклоны можно располагать наклонно и даже горизонтально.

При движении во вращающемся криволинейном потоке газа частицы пыли находятся под действием силы тяжести, центробежной силы и силы сопротивления. Масса частицы обычно пренебрежимо мала. Скорость частиц пыли в циклоне можно без большой ошибки считать равной скорости вращения газового потока.

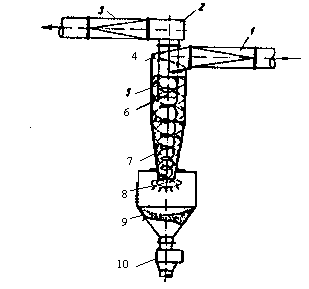


Рис. 5. Схема циклона:

1 – входной патрубок;

2 – раскручивающая улитка;

3 – выходной патрубок;

4 – крышка;

5 – выхлопная труба;

6 – цилиндрическая часть;

7 – коническая часть;

8 – пылевыпускное отверстие;

9 – бункер для пыли;

10 – пылевой затвор

Под влиянием центробежной силы частица приобретает скорость в радиальном направлении, встречая при своем движении сопротивление газового слоя (рис.5).

Циклоны должны выполнять различные и часто взаимопротиворечащие требования, работать и давать выход надежно, с оптимальным к.п.д. сепарации при изменяющихся параметрах производства, с учетом невысоких требований по обслуживанию и ремонту постоянно действующих установок. Они должны быть устойчивы к абразивному действию, высоким температурам, накоплению налипающей пыли, должны обеспечивать предупредительные меры относительно взрыва воспламеняющейся пыли, занимать как можно меньшее пространство и т.д. Таким образом, диапазон применяемых типов циклонных сепараторов должен быть как можно более широким.

Циклоны способны работать эффективно только при размере частиц15-20 мкм и более, пыль с габаритными размерами частиц 5 мкм и более улавливается в циклонах малого диаметра (Д< 1м). Являются  наиболее часто применяемыми аппаратами и характеризуются наибольшим разнообразием видов конструкций, областей применения и комбинаций с различными вспомогательными эффектами, а также максимальным объемом их производства.

Увеличение диаметра циклона приводит к уменьшению центробежной силы, действующей на частицы и, соответственно, снижению к.п.д. сепарации, поэтому для больших пропускных способностей нецелесообразно применять аппараты большого диаметра. Обычно используют циклоны диаметром от 150 до 630 мм, хотя при менее жестких условиях можно применять диаметры от 1600 до 3000 мм.

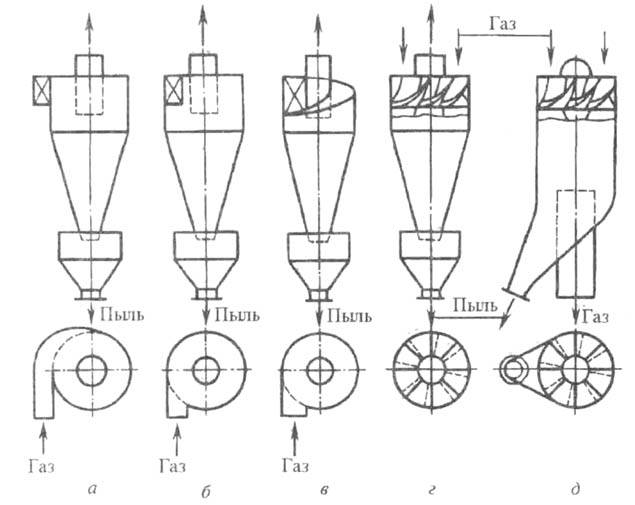


Рис.1 . Основные виды циклонов:

а - спиральный;

б - тангенциальный;

в - винтообразный;

г - розеточный с возвратом газа;

д - розеточный прямоточный.

**Батарейные циклоны (мультициклоны)**

Увеличение диаметра циклона приводит к снижению его эффективности, вследствие чего циклоны типа ЦН диаметром более 1 м применять не рекомендуется, что сильно ограничивает пропускную способность установки.

Для объединения в группы обычные циклоны плохо приспособлены. Потому групповая компоновка их ограничена и конструктивно весьма несовершенна. Даже при создании группы из восьми циклонов ЦН-15 ее пропускная способность не превысит 50 000 м3/ч, что часто недостаточно.

В связи с этим возникла необходимость в простых циклонных элементах небольшого диаметра, т.е. имеющих высокий коэффициент очистки и приспособленных для объединения в большие группы с высокой пропускной способностью.

Для этого применяют циклонные элементы с диаметром цилиндрической части корпуса 100, 150, 250 мм. В целях удобства объединения и компактности установки придание газовому потоку вращения достигается в них размещением внутри циклонного элемента специального устройства, представляющего собой либо двухлопастной винт, либо розетку, состоящую из лопаток, установленных под углом к оси 25 - 30° (рис. 8). Розетки работают эффективнее, однако они чувствительнее к засорению и поэтому не рекомендуются при чрезмерно высокой запыленности газа и слипающейся пыли.

Циклонные элементы компонуют в батареи, где они работают параллельно (рис. 8). Батарейный циклон представляет собой пылеулавливающий аппарат, составленный из большого числа циклонных элементов малого диаметра, объединенных в одном корпусе и имеющих общие подвод и отвод газов, а также общий бункер – сборник улавливаемой пыли. Ось циклонных элементов может быть вертикальной или наклонена.

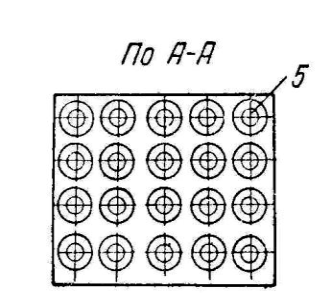
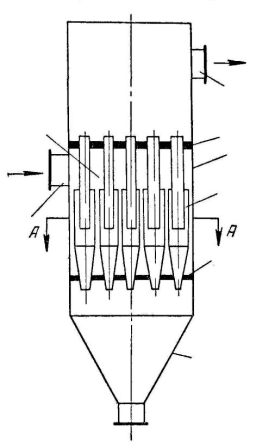
Очищаемые газы вводятся через входной патрубок в общую распределительную камеру, откуда распределяются по отдельным элементам. Далее из сборной камеры очищенный газ по выходному патрубку, направленному вверх или в сторону, выводится из аппарата. Во избежание абразивного износа наружной поверхности выхлопных труб частицами пыли, взвешенными в грязном газе, поступающем в распределительную камеру, на выхлопных трубах первых рядов укрепляют специальные защитные щитки, выполненные из половинок труб несколько большего диаметра.

Пыль, осаждающаяся в циклонных элементах, ссыпается в общий для всех циклонных элементов бункер. Пространство между циклонными элементами засыпается шлаком.

Большое число циклонных элементов, объединенных общим пылевым бункером, заставляет обращать особое внимание на равномерное распределение газа по циклонным элементам. Последние должны быть строго одинаковых размеров, смонтированы с одинаковыми допусками и одинаковым гидравлическим сопротивлением.

Число циклонных элементов, объединенных общим пылевым бункером, не должно превышать 8 в ряду по ходу газов и 12 в ряду, перпендикулярном ходу газов.

При устройстве в бункере поперечной перегородки, ограничивающей протекание газов, число элементов может быть увеличено до 10 в ряду по ходу газов и до 16 в ряду, перпендикулярном ходу газов.



                           а                 б                             в

Рис. 8. Батарейный циклон:

а – элемент с завихрителем «винт»;

б – элемент с завихрителем «розетки»;

1 – корпус элемента,

2 – выхлопной патрубок,

3 – закручивающее устройство,

4 – пылеотводящий патрубок

в – общий вид:

1 – завихривающее устройство;

2 – входной патрубок;

3 – распределительная камера;

4 – выходной патрубок;

5 – выходная камера;

6 – выхлопные трубы;

7 – циклонные элементы

Эффективность батарейного циклона обычно на 20 – 25% ниже эффективности отдельных элементов\*. В батарейных циклонах с элементами диаметром 250 мм каждый допускаемая запыленность газов при очистке от слабо слипающихся пылей составляет 100 г/м3 (для завихрителя типа «винт») и 75 г/м3 (для завихрителя типа «розетка»). Для очистки газов от сильно слипающихся пылей не рекомендуется применять батарейные циклоны.

Промышленные батарейные циклоны типа БЦ-2 применяют для улавливания не волокнистой и не слипающейся пыли. Для закручивания потока используют элементы типа «розетка».

Корпуса циклонных элементов выполнены из серого чугуна, а выхлопные трубы и корпус аппарата – из углеродистой стали. Верхний предел температуры очищаемого газа равен    400 °С.

Батарейные циклоны применяют для очистки технологических газов и воздуха сушильных установок, также в системах аспирации углеобогатительных фабрик и предприятий химической промышленности.    Наиболее частыми причинами нарушения нормальной работы батарейных циклонов являются: засорение завихривающих устройств отдельных циклонных элементов, а также прохождение газов мимо циклонных элементов вследствие износа выхлопных труб или нарушения герметичности опорных решеток. И та, и другая причины вызывают изменение сопротивления циклона, за которым в процессе эксплуатации нужно тщательно следить.

Эффективность батарейных циклонов в условиях промышленной эксплуатации обычно та же, что и у одиночных циклонов.

*Преимущество батарейных циклонов перед одиночным* состоит в том, что:

а) батарейные циклоны могут быть рассчитаны на большой расход газов, который слишком велик для установки группы одиночных циклонов;

б) при одном и том же расходе газа батарейный циклон значительно компактнее группы одиночных циклонов.

*По сравнению с одиночными батарейные циклоны имеют следующие недостатки:*

а) повышенную металлоемкость, составляющую 200 – 500 кг металла на очистку 1000 м3/ч газа, т.е. примерно вдвое больше, чем у одиночных циклонов;

б) меньшую надежность в эксплуатации из-за возможности неравномерного распределения газа между циклонными элементами и подсоса воздуха через общий бункер;

в) засорение завихривающего устройства при начальной запыленности газа более 100 г/м3.

**Электрофильтры**

Электростатическая очистка газов основана на электризации пыли и выделения ее из газа под действием электрического поля. При пропускании запыленного газового потока через сильное электрическое поле частицы пыли получают электрический заряд и ускорение, заставляющее их двигаться вдоль силовых линий поля с последующим осаждением на электродах.

Способ пригоден для улавливания пыли из самых разнообразных аэрозолей и туманов. Он позволяет очищать большие объемы газов в химической, металлургической, газовой и других отраслях промышленности. Особенно широко электростатическую очистку применяют для улавливания летучей золы из дымовых газов электростанций.

В аппаратах электростатической очистки запыленный газ пропускают через электрическое поле высокого напряжения, где он под действием поля ионизируется, т.е. часть молекул газа расщепляется на электроны и положительные ионы. Образующиеся отрицательно заряженные ионы, встречая на своем пути частицы пыли, отдают им свой заряд, пылинки начинают притягиваться к заземленным электродам и осаждаются на них.

Электрофильтры можно классифицировать по многим признакам. По расположению зон зарядки и осаждения электрофильтры делят на однозонные и двухзонные. В однозонных электрофильтрах зоны зарядки и осаждения совмещены, а в двухзонных коронирующие и осадительные электроды разделены и размещены в разных конструктивных зонах. В соответствии с направлением движения газового потока фильтры разделяют на горизонтальные и вертикальные. По форме осадительных электродов различают электрофильтры пластинчатые, трубчатые и иногда шестигранные. По числу последовательно расположенных полей электрофильтры бывают однопольными и многопольными, а по числу параллельно работающих секций односекционными и многосекционными. Вывод уловленной пыли из электрофильтра может осуществляться в сухом виде посредством встряхивания электродов и в мокром виде смывом водой. В соответствии с этим различают сухие и мокрые электрофильтры.

Включают в себя следующие основные элементы:

а) корпус электрофильтра;

б) узлы подвода, распределения и отвода очищаемых газов;

в) электроды, коронирующие и осадительные;

г) устройства для удаления условленной пыли с электродов;

д) изоляторные коробки – узлы для подачи на электроды высокого напряжения;

е) устройства для сбора и вывода уловленной пыли из аппарата.

Основным технологическим элементом, решающим образом влияющим на работу электрофильтра, являются электроды – коронирующие и осадительные.

Коронирующие электроды могут быть гладкими или иметь фиксированные точки разряда.

Гладкие электроды могут быть круглого, квадратного, звездообразного или ленточного сечений. В целях снижения вторичного уноса применяют коробчатые и желобчатые электроды. Коронирующие электроды с фиксированными точками разряда снабжены иглами, на которых и возникает коронный разряд. Меняя шаг игл и их высоту, можно получать определенное значение тока короны. Чаще всего применяют электроды из ленты со штампованными зубцами или шипами.

Подвод газов к электрофильтру и отвод из него должны обеспечивать равномерное распределение газов в аппарате. Сечение подводящих и отводящих газопроводов определяют, исходя из скорости газа около 20 м/с, обеспечивающей отсутствие осаждения пыли в газопроводе. При присоединении газопроводов к электрофильтру устанавливают диффузоры и конфузоры, необходимые для осуществления плавного перехода от скорости газа в газопроводе к значительно более низкой скорости газа в электрофильтре. При многосекционных электрофильтрах конструкция газопроводов должна позволять отключать отдельные секции.

На входе газов в электрофильтр устанавливают специальные устройства, выравнивающие скорости газа в сечении электрофильтра: направляющие аппараты, распределительные решетки.

Оборудование для электростатической очистки газов подразделяют на сухие и мокрые электрофильтры.

При приемке электрофильтра особое внимание нужно уделить качеству и центровке коронирующих электродов. Если диаметры электродов различны, то при возникновении короны на тонких электродах коронирования на более толстых электродах не происходит. В случае повышения напряжения для получения короны на толстых электродах на тонких электродах может наступить пробой. При неправильной центровке в месте сближения электродов пробой может произойти раньше, чем в остальных местах начнется устойчивое коронирование.

Влияние скорости газов. С увеличением скорости газов уменьшаются размеры и, следовательно, стоимость электрофильтра. С другой стороны, уменьшается время пребывания частиц в аппарате. Кроме того, с увеличением скорости возрастают турбулентность потока и вторичный унос уже уловленных частиц. В большинстве случаев электрофильтр работает достаточно хорошо, если время пребывания частиц в активной зоне составляет 8 – 12 с, что обычно соответствует скорости газового потока 1,0 – 1,5 м.

Влияние параметров газа. Во-первых, вследствие адсорбции молекул воды частицами пыли увеличивается проводимость пылевого слоя, а во-вторых, тем, что с повышением влажности растет величина пробойного напряжения. Это позволяет работать при более высоких напряженностях электрического поля. Температура газа отрицательно влияет на работу электрофильтра. С повышением температуры снижается величина пробойного напряжения и увеличиваются вязкость газа, а также объемы и скорости газа. Повышение давления газа отрицательно сказывается на эффективности работы электрофильтра из-за снижения подвижности ионов.

Физико-химические свойства топлива и технология его сжигания также влияют на скорость дрейфа частиц.

Повышение запыленности газа сверх определенного предела ухудшает эффективность фильтра в связи с уменьшением ионного тока. Появляются признаки частичного запирания короны, которое для многих пылей может перейти в полное запирание короны уже при запыленности газа свыше 20 – 25 г/м3. Кроме того, высокая запыленность газов усложняет удаление пыли с электродов, повышает нагрузку на опорные конструкции электродов, интенсивность работы и износ встряхивающих механизмов. С увеличением размеров частиц до 20 – 25 мкм возрастает эффективность улавливания. Наибольшая эффективность наблюдается при размерах частиц 20 – 40 мкм.

Чистота электродов – один из важнейших факторов нормальной эксплуатации электрофильтров. При хорошо проводящей пыли диаметр коронирующего электрода как бы возрастает и требует увеличения начального напряжения короны. При плохо проводящей пыли коронирующий электрод покрывается изолирующим слоем и коронирование может вообще прекратиться. При накоплении большого слоя пыли на осадительных электродах снижается активное напряжение на электродах, повышается вторичный унос уловленной пыли и вследствие неровной поверхности слоя возникает способность пробоя на его выступах.

Все промышленные электрофильтры работают в настоящее время при отрицательной полярности коронирующего электрода. Основанием для этого являются: а) бóльшая подвижность отрицательных ионов, заполняющих внешнюю зону коронного разряда, по сравнению с положительными; б) более высокое значение пробивного напряжения, чем при короне положительного знака; в) более устойчивый характер коронного разряда.

**Вихревые пылеуловители (вихревой пылеуловитель ВПУ и вихревой пылеуловитель со встречными закрученными потоками ВЭП). Вихревой пылеуловитель «Вихрь»**

Принцип работы пылеуловителя состоит в следующем. Газ через патрубки с завихрителями первичного I и вторичного 4 потоков вводится в сепарационную камеру 3 и образует в ней два потока, закрученных в одну сторону. Первичный поток движется снизу вверх вдоль оси сепарационной камеры. У стенки камеры сверху вниз движется вторичный поток, который на своем пути частично всасывается в первичный восходящий поток и полностью переходит в него у твердого основания 2 (подобно смерчу).

Улавливаемые частицы под действием центробежных сил перемещаются к стенке сепарационной камеры и смываются опускающимся вторичным потоком через зазор между стенкой сепарационной камеры и твердым основанием 2 в сборник пыли. Очищенный газ выводится из аппарата в его верхней части.

АППАРАТЫ ВПУ

Первый тип аппаратов – вихревой пылеуловитель ВПУ [20], можно отнести к аппаратам прямоточного типа. Очищаемый первичный газ в них подают через нижний ввод. Сверху через тангенциальные сопла под повышенным давлением отдельным вентилятором подают чистый вторичный воздух, либо очищенный газ. В качестве вторичного можно использовать очищаемый газ, если улавливаемая пыль не слипается, не абразивна и концентрация ее в газе мала. ВПУ работает подобно прямоточному циклону. Центробежная сепарация пыли осуществляется из первичного закрученного потока, осевое направление движения которого в аппарате не меняется

Вихревые пылеуловители (ВПУ) также относят к аппаратам центробежного действия. Отличительная особенность ВПУ – высокая эффективность очистки газа от тончайших фракций (<3 – 5 мкм), что позволяет им в отдельных случаях конкурировать с фильтрами.

Оптимальное количество вторичного воздуха находится в пределах 40 – 65% от количества очищаемого газа. ВПУ практически сохраняет эффективность очистки газа от пыли при уменьшении его расхода на 50% и увеличении на 15%. Слабая чувствительность очистки к расходу запыленного газа объясняется тем, что процесс очистки в ВПУ зависит в основном от параметров вторичного воздуха. Повышение давления вторичного воздуха в ВПУ приводит к увеличению эффективности очистки пыли. Гидравлическое сопротивление и удельный расход энергии ВПУ при этом соответственно возрастают. Оптимальное рабочее давление вторичного воздуха для существующих установок 2000 – 6000 Па.

В качестве вторичного потока может быть использован воздух окружающей среды, очищенный газ или запыленный газ. С экономической точки зрения более выгодно использование загрязненного газа. В этом случае производительность установки повышается на 40 – 65% без заметного снижения эффективности очистки. Менее выгодным считается использование воздуха окружающей среды.

С увеличением габаритов ВПУ удельный расход энергии и эффективность очистки пыли заметно снижаются.

Аппараты типа ВПУ под названием «Вихрь» Запыленный газ, поступающий по газопроводу 1, закручивается лопаточным завихрителем 2. Обтекатель 3 оттесняет запыленный поток к стенке аппарата и способствует плановому обтеканию потоком лопаточного завихрителя. Под действием центробежных сил пылинки в закрученном газовом потоке перемещаются к стенкам корпуса 7. Одновременно тот же запыленный или какой-либо другой газ отдельным вентилятором подается в раздаточную камеру 6 и по соплам 4 поступает из нее в рабочую полость аппарата. Сопла установлены тангенциально к цилиндрическому корпусу аппарата и под углом α к его центральной оси. Газовые струи, выходящие из сопел и составляющие вторичный поток, подкручивают основной поток в ту же сторону, что и завихритель, и одновременно сдувают периферийные слои, насыщенные пылью, в бункер 11.

Из бункера 11 пыль удаляется через патрубок 10, а очищенный газ отсасывается по газоходу 9 в выходное устройство, где смешивается с основным потоком очищенного газа. Для устранения так называемых «паразитных струй» в непосредственной близости от сопел устанавливают шайбу 5. По трубе 12 через отверстие 8 подается воздух для того, чтобы оттеснить частицы к периферии корпуса. ] рекомендуют применять исследованные пылеуловители в качестве второй ступени сухой очистки газов.

Второй тип вихревого пылеуловителя, получивший название пылеуловителя со встречными закрученными потоками (ВЗП), Этот аппарат принципиально отличается от ВПУ. Основными отличиями являются использование в качестве вторичного потока очищаемого газа и подача его в оба канала пылеуловителя одним дутьевым устройством, установленным перед аппаратом или за ним. Расход газа через аппарат ВЗП равен расходу очищаемого газа, а давления на входе первичного и вторичного потоков одинаковы. Размерами элементов и конструкцией аппараты ВЗП существенно отличаются от аппаратов ВПУ, так как для эффективного улавливания пыли в них требуется совершенно другое соотношение между расходами и параметрами крутки вторичного и первичного потоков.

Вихревые пылеуловители ВЗП имеют ряд преимуществ перед ВПУ: меньшие габариты, удельные энергозатраты и металлоемкость, большую надежность при улавливании липких и волокнистых пылей, отсутствие необходимости в дополнительном вентиляторе, поскольку очищаемый газ подается в оба канала.

В аппарате ВЗП первичный и вторичный газы закручиваются тангенциальными завихрителями. В аппарате ВЗП-М вторичный газ закручивается улиточным завихрителем. Очищаемый газ может подаваться в аппарат через оба завихрителя одним вентилятором, установленным на стороне подводящих патрубков или выхлопной трубы.

Уловленная пыль непрерывно через пылевыпускное отверстие выводится из аппарата либо в бункер-накопитель, либо на транспортер и т.п. Если выгрузка пыли осуществляется не в герметичную емкость, пылевыпускное отверстие оборудуют затвором во избежание подсоса через него в аппарат внешнего воздуха при работе под разрежением или выдува через него очищаемого газа с пылью при работе аппарата под избыточным давлением. При подсосах воздуха в аппарат существенно снижается его эффективность. Давление в бункерной части аппарата под отбойной шайбой примерно равно статическому давлению во входных патрубках. При выходе очищенного газа в длинный газоход с целью снижения гидравлического сопротивления аппарата на выхлопной трубе устанавливают аксиально-лопаточные или улиточные раскручиватели.

**Ротационные пылеуловители. Вентиляторные пылеуловители**

При работе вентилятора на запыленном потоке газа вследствие действия центробежных, а иногда кориолисовых сил, происходит сепарация частиц пыли из газового потока. В обычных вентиляторах в дальнейшем эта пыль снова диспергируется в потоке газа. Однако при соответствующем устройстве кожуха и рабочего колеса вентилятора можно достичь улавливания этой пыли.

**Вентиляторы – пылеуловители** с отводом пыли из кожуха. При работе вентилятора за счет центробежных сил частицы пыли отбрасываются к стенке спиралеобразного кожуха и одновременно движутся по ней в направлении выхлопного отверстия. Через специальное пылеприемное отверстие в кожухе пыль с небольшим количеством газа отводится в циклон, откуда очищенный газ снова поступает в газовый поток. Через отверстия перфорации пыли выводится за пределы вентилятора и собирается в образованном стенками пространстве. Для повышения эффективности предусмотрено непрерывное смачивание лопаток колеса вентилятора водой.

**Ротоклон Д.** За рубежом получил значительное распространение этот тип пылеуловителя, для производительности до 60000 м3/ч.

Особенностью пылеуловителя «Ротоклона Д» является вогнутая форма диска и передней стенки, что увеличивает время пребывания газа в криволинейном канале. Узкие концы лопаток удлинены и выходят за пределы диска. Пылевые частицы под действием центробежных и кориолисовых сил скользят по стенкам межлопаточного канала и через кольцевой зазор проходят с частью воздуха в пылевую полость кожуха, откуда поступают в бункер, в котором происходит разделение пыли и газа.

Вентиляторные пылеуловители относятся к аппаратам грубой и полутонкой очистки газа. Они отличаются большой компактностью, так как вентилятор и пылеуловитель совмещены в одном агрегате. Расход энергии в них составляет 0,30 – 0,35 кВт⋅ч на 1000 м3 газа.

Вследствие затруднений при эксплуатации (повышенный износ, засорение, разбалансировка) в отечественной металлургии и вообще вентиляторные пылеуловители не получили и широкого распространения; кое-где их можно встретить в системах промышленной вентиляции.

Ротационные пылеуловители относят к аппаратам центробежного действия, которые одновременно с перемещением воздуха очищают его от фракции пыли крупнее 5 мкм. Они обладают большой компактностью, так как вентилятор и пылеуловитель обычно совмещены в одном агрегате.

Конструктивная схема простейшего пылеуловителя ротационного типа представлена на рис. 10. При работе вентиляторного колеса 1 частицы пыли за счет центробежных сил отбрасываются к стенке спиралеобразного кожуха 2 и движутся по ней в направлении выхлопного отверстия 3. Газ, обогащенный пылью, через специальное пылеприемное отверстие 3 отводится в пылевой бункер, а очищенный газ поступает в выхлопную    трубу 4.

Для повышения эффективности пылеуловителей такой конструкции необходимо увеличивать переносную скорость очищаемого потока в спиральном кожухе (это ведет к резкому повышению гидравлического сопротивления аппарата) или уменьшает радиус кривизны спирали кожуха (это снижает его производительность). Такие машины обеспечивают достаточно высокую эффективность очистки воздуха при улавливании сравнительно крупных частиц пыли (свыше 20 – 40 мкм).

**1.7. Лекция №7 (2час).**

**Тема: «Гидроочистка воздуха»**

Мокрые аппараты имеют следующие *достоинства*:

1)      простоту конструкции и сравнительно высокую стоимость;

2) более высокую эффективность по сравнению с сухими механическими пылеуловителями инерционного типа;

3) меньшие габариты по сравнению с тканевыми фильтрами и электрофильтрами;

4) возможность использования при высокой температуре и повышенной влажности газов;

5) возможность работы на взрывоопасных газах;

6) возможность улавливания вместе с взвешенными твердыми частицами паров и газообразных компонентов.

Однако мокрым пылеуловителям свойственны следующие *недостатки*:

1) значительные затраты энергии при высоких коэффициентах очистки;

2) получение уловленного продукта в виде шлама, что часто затрудняет и удорожает его последующее использование;

3) необходимость организации оборотного цикла водоснабжения (отстойники, перекачивающие насосные, охладители и т.п.), что значительно увеличивает стоимость системы газоочистки;

4) образование отложений в оборудовании и газопроводах при охлаждении газов до температуры точки росы или капельном уносе влаги из пылеуловителя;

5) коррозионный износ оборудования и газопроводов при очистке газов, содержащих агрессивные компоненты;

6) вредное влияние капельной влаги, содержащейся в газах, на стенки кирпичных и железобетонных дымовых труб;

7) ухудшение условий рассеивания пыли и вредных газов, выбрасываемых через дымовые трубы в воздушный бассейн.

Несмотря на эти недостатки, мокрые аппараты широко применяют в металлургии, особенно в случаях, когда наряду с очисткой требуется охлаждение и увлажнение газа. Мокрые аппараты устанавливают также в случае отсутствия места для размещения электрофильтров или тканевых фильтров. Рентабельность мокрой очистки газов значительно повышается в случае возможности присоединения ее к существующему водному хозяйству.

Эффективность мокрых пылеуловителей зависит в основном от смачиваемости пыли. При улавливании плохосмачивающейся пыли в жидкость вводят поверхностно-активные вещества. Для частиц размером       5 мкм эффективность достигает 92-95%, а в пенных аппаратах даже 99%. Недостатки мокрых пылеуловителей – большой расход воды при отсутствии ее циркуляции, необходимость иметь отстойники и периодически их очищать, в случае циркуляции возможность щелочной или кислотной коррозии, значительное ухудшение рассеивания газов после увлажнения через дымовые трубы.

В зависимости от способа диспергирования жидкости пылеулавливающие аппараты этого типа делят на три группы:

а) форсуночные скрубберы, где диспергирование жидкости осуществляется с помощью форсунок, за счет энергии насоса;

б) скрубберы Вентури, в которых дробление жидкости осуществляется за счет энергии турбулентного потока;

в) динамические газопромыватели, где разбрызгивание жидкости осуществляется за счет механической энергии вращающегося ротора.

Аппараты для мокрой очистки газов: полый форсуночный скруббер, скрубберы  Вентури (турбулентные или скоростные газопромыватели), эжекторы, вихревые скрубберы, жидкопленочные пылеулавливающие аппараты (центробежные аппараты; барботажно-пенные аппараты,  ударно-инерционные аппараты), центробежные аппараты, барботажные пылеуловители, пенные пылеулавливающие аппараты.

**Форсуночные скрубберы. Устройство и работа**

*Полые газопромыватели.* К полым газопромывателям относятся орошаемые жидкостью, подаваемой через форсунки, участки газопроводов, промывные камеры, полые форсуночные колонны (скрубберы). Наибольшее применение из полых газопромывателей имеет полый форсуночный скруббер с противоточным движением фаз газ – жидкость Δ) 1.2.

В форсуночных скрубберах достаточно эффективно улавливаются частицы пыли размером более 10 – 15 мкм. Частицы размером < 5 мкм практически не улавливаются вовсе. Скрубберы получили широкое распространение в металлургии, преимущественно для охлаждения и увлажнения газа, необходимых для последующей тонкой очистки газа.

*Устройство и работа.* В верхней части скруббера размещено несколько поясов орошения с большим числом форсунок, создающих равномерный поток мелко диспергированных капель, движущихся под действием силы тяжести вниз. Нижняя часть скруббера, оканчивающаяся конусом, заполнена водой, уровень которой поддерживается постоянным. Подводимый запыленный газ направляют на зеркало воды для осаждения наиболее крупных частиц пыли, после чего, распределяясь по всему сечению скруббера, газ движется вверх навстречу потоку капель воды. В процессе промывки капли жидкости захватывают частицы пыли и коагулируют. Образовавшийся шлам собирается в нижней части скруббера, откуда непрерывно удаляется промывочной водой.

Параллельно с очисткой газ, проходящий через скруббер, охлаждается чаще всего до 40 - 50° С и увлажняется обычно до состояния насыщения.

Скорость газа в скруббере принимают равной 0,7 – 1,5 м/с. При больших скоростях начинается капельный унос влаги, что способствует образованию отложений на выходном патрубке скруббера и в газопроводах.

При орошении горячего газа холодной водой в скруббере естественно идут тепло- и массообменные процессы. Так как газ входит в скруббер обычно не насыщенным влагой, то в нижней части скруббера идет испарительное охлаждение. Испаряющаяся вода увеличивает влагосодержание газа до тех пор, пока при какой-то температуре он не становится насыщенным. Все это время охлаждение газа протекает при постоянной энтальпии, так как образующийся пар подмешивается к газу, возвращая ему тепло, затраченное в процессе парообразования. Температура воды все это время также остается постоянной и равной температуре мокрого термометра, так как тепло, получаемое водой от газа, полностью расходуется на парообразование. В момент достижения газом состояния насыщения парообразование прекращается. В период испарительного охлаждения температура газа снижается наиболее интенсивно.

В верхней части скруббера протекает процесс конденсационного охлаждения.

С момента насыщения газа водяными парами дальнейшее охлаждение его вызывает конденсацию части паров. Выделяющееся при этом тепло, как и тепло, передаваемое воде за счет разности температур газа и воды, затрачивается на нагрев воды, который продолжается до тех пор, пока вода не достигнет температуры мокрого термометра.

Эта стадия процесса сопровождается уменьшением энтальпии и влагосодержания газа.

Гидравлическое сопротивление полого скруббера (в отсутствие каплеуловителя и газораспределительной решетки) не превышает 250 Па. Полые форсуночные скрубберы применяют не только для пылеулавливания, но и для охлаждения газов. Эти скрубберы обычно используют для предварительной очистки газов и подготовки их к дальнейшей очистке.

**Скрубберы Вентури. Устройство и работа**

В этих аппаратах под влиянием движущегося с большой скоростью газового потока капельки жидкости раздробляются, распыляются. В результате этого увеличивается поверхность их соприкосновения. Образование капель небольшого размера, высокая турбулизация потока способствуют улавливанию частиц субмикронных размеров.

Наиболее распространенный аппарат этого типа – скруббер Вентури.

Работа скрубберов Вентури основана на дроблении воды турбулентным газовым потоком, захвате каплями воды частиц пыли, последующей их коагуляции и осаждении в каплеуловителе инерционного типа.

*Устройство и работа.* Простейший скруббер Вентури.

Труба Вентури состоит из конфузора,   служащего     для     увеличения   скоростигаза, в котором  размещают оросительное устройство,      горловины, где происходит осаждение частиц пыли на каплях воды, и диффузора, в котором протекают процессы коагуляции, а также за счет  снижения скорости восстанавливается часть давления, затраченного на создание высокой скорости газа в горловине.

Скрубберы Вентури могут работать с высокой эффективностью          η = 98 ÷ 99% на пылях в широком диапазоне начальной концентрации пыли в газе – от 0,05 до 100 г/м3.

В ряде случаев, когда трубка Вентури работает только как коагулятор перед последующей тонкой очисткой (например, в электрофильтрах) или на крупной пыли размером частиц более 5 – 10 мкм скорости в горловине могут быть снижены до 50 – 100 м/с, что значительно снижает энергозатраты.

Эти аппараты предназначены для очистки газов с температурой до 400°С и начальной концентрацией пыли до 30 г/м3; содержание взвеси в оборотной воде, подаваемой на орошение не должно превышать 500 мг/л.

*Дробление жидкости и захват пыли каплями в трубе Вентури*

При введении жидкости в газовый поток дробление крупных капель на более мелкие за счет энергии турбулентного потока происходит, когда внешние силы, действующие на каплю, преодолевают силы поверхностного натяжения.

При подаче орошающей жидкости в трубу Вентури ее начальная скорость незначительна. За счет сил динамического давления газового потока капли одновременно с дроблением получают значительные ускорения и в конце горловины приобретают скорость, близкую к скорости газового потока. В диффузоре скорости газового потока и капель падают, причем вследствие сил инерции скорость капель превышает скорость газового потока. Поэтому захват частиц пыли каплями наиболее интенсивно идет в конце конфузора  и в горловине, где скорость газа относительно капли особенно значительна и кинематическая коагуляция протекает наиболее эффективно.

Огромная скорость протекания процессов дробления капель, изменение скоростей капель и пыли, частичное испарение капель и конденсаций паров в весьма малом объеме трубы Вентури (в основном, в горловине) и наложение их друг на друга чрезвычайно осложняют создание теории работы этого аппарата, которая до сих пор не разработана.

По способу подачи жидкости трубы Вентури, применяемые в металлургии, делят на три группы:

а) с форсуночным орошением

б) с пленочным орошением

в) с периферийным орошением

**Жидкопленочные пылеулавливающие аппараты**

Для успешной работы аппаратов этого типа необходимо, во-первых, образование непрерывно обновляющейся пленки или слоя жидкости, улавливающих частицы пыли и отводящих их с рабочей поверхности, и, во-вторых, подвод частиц пыли к этой пленке или слою жидкости.

К пылеулавливающим аппаратам этого типа относятся:

1) центробежные аппараты;

2) барботажно-пенные аппараты;

3) ударно-инерционные аппараты.

*Аппараты центробежного типа*

Принцип использования центробежной силы для улавливания пыли, широко используемый в циклонах, нашел применение и в аппаратах мокрой очистки. Для вращения газового потока в аппаратах центробежного типа применяют специальные направляющие лопатки или тангенциальный подвод газа.

Центробежные скрубберы ЦС-ВТИ конструкции Промстройпроекта рекомендуют применять в вытяжных вентиляционных системах при очистке воздуха от пыли, образующейся при транспортировке абразивов, кварцевого песка, различных руд, а также для очистки дымовых газов котельных, электростанций и промышленной очистки газов от нецементирующихся пылей. Температура газов, поступающих на очистку, не должна превышать 300 °С. В зависимости от требуемого направления выходного патрубка скрубберы изготовляют правого и левого вращения.

Скруббер имеет цилиндрический стальной корпус с входным патрубком, оросительную систему и гидравлический затвор. Для периодической промывки осевшей пыли на стенках входного патрубка предусмотрены смывные сопла. Внутри скруббер футирован керамической плиткой.

Принцип действия центробежного скруббера состоит в следующем: запыленный газовый поток вводится через наклонный патрубок в корпус, где происходит смачивание и укрупнение частиц пыли. Орошенный газовый поток, попадая в циклон, вращается. Возникающие центробежные силы отбрасывают частицы пыли к орошаемой поверхности циклона, оттуда они вместе с водой стекают вниз, и стоки периодически удаляют через гидравлический затвор. Степень улавливания пыли в мокрых циклонах 90 – 95 процентов.

*Барботажные пылеуловители. Пылеуловитель ПВМ*

В барботажных аппаратах очищаемые газы в виде пузырьков проходят через слой жидкости. Вследствие большой поверхности соприкосновения газов с жидкостью газ очищается от взвешенных частиц. Эффективность подобных аппаратов достаточно велика при улавливании частиц размером    d > 5 мкм. Производительность этих аппаратов невелика, поэтому они находят ограниченное применение в промышленности. Кроме того сложность изготовления этих аппаратов ограничивает их применение в промышленности.

Шлам из пылеуловителя удаляется периодически или непрерывно через гидрозатвор. Для удаления уплотненного осадка со дна применяют смывные сопла.

*Аппараты ударно-инерционного типа*

К этим аппаратам относится большая группа мокрых пылеуловителей, в которых контакт газов с жидкостью обеспечивается при ударе газового потока о поверхность жидкости с последующим пропусканием газожидкостной взвеси через отверстия различной конфигурации. В результате такого взаимодействия образуются капли диаметром 300 – 400 мкм.

Наиболее простой по конструкции пылеуловитель ударно-инерционного типа представляет собой вертикальную колонну, в нижней части которой находится слой жидкости. Запыленные газы со скоростью 20 м/с направляются сверху вниз на поверхность жидкости. При резком изменении направления движения газового потока (на 1800) взвешенные в газе частицы осаждаются на поверхности воды, а очищенные газы направляются в выходной газопровод. Аппараты этого типа удовлетворительно работают только при улавливании.

*Пылеуловитель ПВМ* - щелевой пылеуловитель, образованного прямыми перегородками и отбойником. При включении вентилятора воздух устремляется в щель между перегородками, захватывая с собой жидкость. Образовавшийся турбулизированный слой жидкости сначала отклоняется нижней перегородкой вверх, а потом верхней перегородкой с отбойником – вниз, образуя сплошную водяную завесу, через которую проходит подлежащий очистке газ. Пыль улавливается за счет инерционных сил, действующих при поворотах и при прохождении газа через водяную завесу.

Шлам можно удалять как периодическим сливом, так и скребковым транспортером. Установка вентиляторов допускается на крышке корпуса, а также отдельно от пылеуловителя.

Постоянный уровень воды в пылеуловителе поддерживается с помощью специально разработанного поплавкового устройства.

*Скруббер  Дойля* через кольцевую щель, образованную входным патрубком и вдвинутым в него конусом, запыленный газ со скоростью 30 -–50 м/с ударяется о поверхности жидкости, находящейся на 2 – 3 мм ниже кромки трубы. За счет инерционных сил и образующейся вокруг щели завесы из капель жидкости частицы пыли улавливаются водой в виде периодически удаляемого шлама, собирающегося на дне пылеуловителя.

Очищенный газ выводится из аппарата, предварительно пройдя брызгоуловители, т.е. перегородки, расположенные по ходу газа. Уровень воды в аппарате поддерживается постоянным с помощью гидрозатвора. Удельный расход воды в скрубберах Дойля составляет ~ 0,15 кг/м3. Гидравлическое сопротивление аппарата около 1,5 кПа. В скруббере Дойля с высокой эффективностью улавливаются частицы размером более 10 – 15 мкм.

Скруббер Дойля устанавливают, как правило, вместе с циклонами для повышения эффективности очистки.

В последнее время находят применение малогабаритные пылеуловители «Ротоклон» типа N с механизированным шламоудалением, у которых степень улавливания пыли составляет 99 процентов.

*Ротоклон (типа N).* Главной частью ротоклона является щелевой канал (импеллер) сложной формы. При пуске вентилятора уровень жидкости в центральном отсеке понижается, в результате чего между поверхностью воды и верхней направляющей импеллера образуется щель, в которую (обычно со скоростью ~15 м/с) устремляется запыленный газ.

Газовый поток подхватывает жидкость, движущуюся турбулизированным слоем вдоль нижней направляющей канала. Далее жидкость отбрасывается к верхней направляющей канала и при выходе из щели падает в виде сплошной водяной завесы, сквозь которую проходит газ. Под действием инерционных сил при поворотах частицы пыли проникают в слой жидкости и улавливаются им. Другая часть пыли улавливается при проходе через водяную завесу. Во избежание выноса из аппарата капельной влаги на пути выхода газов устанавливают специальные отбойные щиты. Вентилятор, вызывающий движение газов через ротоклон, часто устанавливают непосредственно на корпусе аппарата.

Уловленная пыль собирается на дне корпуса аппарата и удаляется вручную или с помощью размещенного на дне скребкового транспортера. Отсутствие сопел и мелких отверстий позволяет работать при высокой запыленности газа на воде пониженного качества, расход которой обычно не превышает 0,03 кг/м3 и определяется только испарением и потерями со шламом. При эксплуатации ротоклона очень важно поддерживать постоянный уровень воды. Эта операция автоматизирована.

Колебания в расходе газов через ротоклон в пределах ± 25% почти не отражаются на эффективности работы, что является существенным достоинством аппарата. Однако к температуре газа ротоклоны очень чувствительны и могут нормально работать только на холодном газе.

**Пенные пылеулавливающие аппараты**

В пенных аппаратах очищаемый газ движет пену, которая формируется на решетке, куда поступает при продувке ее снизу воздухом или при ударе тока о поверхность жидкости. Эти аппараты достаточно эффективны. Они представляют собой вертикальный аппарат круглого или прямоугольного, внутри которого расположены перфорированные решетки. Очищаемый газ поступает к решеткам, интенсивно перемешивается с жидкостью в слое пены, после чего он смачивается и пыль выделяется.

В аппаратах с переливными решетками допустимы значительные колебания нагрузки по газу и жидкости и расходуется примерно в 3 раза меньше жидкости, чем в аппаратах с провальными решетками. Однако решетки провального типа меньше забиваются пылью, поскольку стекающая в отверстия жидкость смывает осадок с решетки. При скорости газа более 1,0 – 1,5 м/с из пенных аппаратов возможен сильный унос капель воды. Поэтому над слоем пены в аппарате должен быть установлен каплеуловитель.

Для интенсификации массо- и теплообменных процессов в последние годы получил распространение аппарат, в котором подвижной насадкой служат полые и сплошные шары из полиэтилена, полистирола и других пластических масс. Схема аппарата приведена на рис. 4.1,в. В корпусе аппарата между нижней опорно-распределительной решеткой и верхней ограничительной уложен слой насадки.

При гидравлическом  сопротивлении от 1,5 до 2 кПа в аппарате с псевдоожиженной шаровой насадкой улавливается до 99% частиц размером от 2 мкм и более.

**1.8. Лекция №8 (2час).**

**Тема: «Фильтрационный метод очистки воздуха»**

**Фильтры**

**Фильтр** - аппарат, в котором с помощью фильтрующей перегородки осуществляется разделение, сгущение или осветление неоднородных систем, содержащих твердые, жидкие или газообразные фазы.

В основе работы пористых фильтров всех видов лежит фильтрация запыленного газа через пористую перегородку, в процессе которой частицы пыли, взвешенные в газе, задерживаются перегородкой, а газ беспрепятственно проходит сквозь нее.

Скорость процесса фильтрации определяется перепадом давления на пористой перегородке, создаваемым вентилятором или другим побудителем тяги. По мере накопления уловленных частиц сопротивление движению газа непрерывно возрастает, в связи с чем при сохранении постоянного перепада давления на пористой перегородке скорость фильтрации непрерывно уменьшается. Для поддержания постоянной скорости фильтрации необходимо непрерывно увеличивать перепад давления на пористой перегородке. В обоих случаях при достижении некоторого предельного сопротивления перегородку приходится подвергать регенерации, т.е. освобождению от уловленной пыли.

Они могут представлять собой зернистые слои, металлические сетки, керамику и металлокерамику, волокнистые материалы, бумагу, ткани.

Процесс фильтрации можно условно разделить на две стадии. На первой начальной стадии (стационарная фильтрация) осажденные частицы накапливаются внутри пористой перегородки в незначительном количестве, что практически не меняет ее структуры. На второй стадии процесса (нестационарная фильтрация) вследствие большого количества осажденных частиц пористая перегородка претерпевает непрерывные, структурные изменения.

Основным свойством пористой перегородки является пористость ɛ, представляющая собой отношение пустого пространства (объема пор) между твердыми непроницаемыми элементами пористой среды к общему объему, занятому пористой средой. Величину объема твердых элементов фильтрующей перегородки, заключенную в единице объема пористой среды, называют плотностью упаковки α.

Под скоростью фильтрации (wф, м/с) понимают условную скорость, получаемую как отношение объемного расхода газа Vг, проходящего через фильтр, к полной площади фильтрующей перегородки F.

Важной характеристикой пористой перегородки является пылеемкость, которая представляет собой количество пыли, задерживаемое фильтром за период непрерывной работы, т.е. между двумя очередными регенерациями.

При улавливании мелких частиц пылеемкость фильтра оказывается всегда меньше, чем при улавливании крупной пыли.

Классификация фильтров основана на типе фильтровой перегородки, конструкции фильтра и его назначении, тонкости очистки и др.

По типу перегородки бывают: с зернистыми слоями (неподвижные свободно насыпанные зернистые материалы, псевдоожиженные слои); с гибкими пористыми перегородками (ткани, войлоки, волокнистые маты, губчатая резина, пенополиуретан и др.); с полужесткими пористыми перегородками (вязаные и тканые сетки, прессованные спирали и стружка и др.).

Волокнистыми фильтрами называют пористые перегородки, составленные из беспорядочно расположенных, однако более или менее равномерно распределенных по объему волокон, каждое из которых принимает участие в осаждении аэрозольных частиц.

В связи с высокой пористостью (0,1) аэрозольные частицы легко проникают в глубину пористой перегородки и фильтрация их осуществляется всем объемом загрузки фильтра.

Регенерация отработавших волокнистых фильтров в большинстве случаев затруднена и нерентабельна. По окончании срока службы отработавшую фильтрующую среду заменяют новой.

Вследствие этого волокнистые фильтры применяют главным образом для фильтрации слабозапыленных потоков с концентрацией пыли не более 5 мг/м3. Волокнистые фильтры широко применяют для очистки атмосферного воздуха в системах приточной вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления, а также в ряде установок специального назначения.

Основной отличительной чертой этих фильтров является высокая эффективность задержания мельчайших, в том числе и наиболее проникающих частиц при сравнительно низком аэродинамическом сопротивлении.

Типом тканевого фильтра является рукавный фильтр, 20,а. Главным элементом такого фильтра является рукав, изготовленный из фильтровальной ткани. Корпус фильтра разделен на несколько герметизированных камер, в каждой из которых размещено по несколько рукавов. Газ из газопровода грязного газа подводится в нижнюю часть каждой камеры и поступает внутрь рукавов. Фильтруясь через ткань, газ проходит в камеру и через открытый выпускной клапан выходит из нее, поступая в газопровод чистого газа. Частицы пыли, содержащиеся в грязном газе, оседают на внутренней поверхности рукава, в результате чего сопротивление рукава проходу газа  постепенно увеличивается. Когда оно достигнет некоторого предельного, по условиям тяги, значения, фильтр переводится на режим регенерации, т.е. рукава освобождаются от осевшей на них пыли. Наиболее часто регенерация осуществляется обратной продувкой. Продувочный воздух от специального вентилятора направляют внутрь камеры, через открытый продувочный клапан (выпускной клапан закрыт). Фильтруясь через рукав в обратном направлении, он разрушает слой пыли, образовавшийся на внутренней поверхности рукава, которая падает в бункер, откуда удаляется при помощи шнека или другого устройства. Отработавший продувочный воздух через подводящий газ патрубок поступает в газопровод грязного газа. В целях повышения эффективности регенерации одновременно встряхивают рукава с помощью специального встряхивающего механизма, перемещающего вверх и вниз крышку, к которой крепится рукав.

Регенерацию ткани рукавов выполняют различными способами. Наиболее старый и распространенный способ, описанный выше, заключается в обратной продувке воздухом со встряхиванием. Достаточно хорошие результаты дает импульсная регенерация с подачей импульсов сжатого воздуха внутрь рукава.

Зернистые фильтры с неподвижным фильтрующим слоем. В зернистых фильтрах фильтрация газа идет через слой зернистого материала – гравия, шлака, разных дробленых материалов, колец Рашига и т.п. При малых скоростях газа, мелкодисперсной пыли и малой запыленности преобладающее значение имеет пылезадержание всем объемом загрузки. При высоких скоростях фильтрации, крупной пыли и большой запыленности частицы в меньшей степени проникают в глубину слоя, и процесс фильтрации происходит в основном в поверхностном слое. В большинстве случаев сочетаются оба вида фильтрации. Эффективность осаждения, как и в фильтрах любого типа, определяется действием механизмов касания, инерции диффузии, гравитации и электростатики.

Фильтры с движущимся фильтрующим слоем. Стремление упростить процессы регенерации привело к созданию конструкций фильтров с движущимся зернистым слоем. Наиболее перспективны конструкции с вертикальным расположением слоя, при котором движение слоя осуществляется за счет силы тяжести. В таком фильтре при работе питателя загрязненные слои фильтра.

Металлокерамические фильтры. Изготовляют из металлических порошков различных металлов и сплавов методом прессования или прокатки с последующим спеканием. Вследствие этого габаритные размеры металлокерамических фильтров велики и в настоящее время их применяют только для небольших расходов газа.

Эффективность металлокерамических фильтров очень высока, они способны полностью задерживать частицы размером до 1 мкм. Это объясняется тем, что на твердой поверхности образуется плотный лобовой слой пылевых частиц без трещин и каверн с высотой пылезадерживающей способностью.

Регенерация металлокерамических фильтров трудна, частицы пыли, застревающие в порах фильтров, удаляются либо обратной продувкой, либо импульсами сжатого воздуха давлением 600 – 1000 кПа.

Установка металлокерамических фильтров рекомендована для тонкой очистки небольших объемов запыленного газа.

**1.9. Лекция №9 (2час).**

**Тема: «Электромагнитный метод очистки воздуха»**

Электростатическая очистка газов основана на электризации пыли и выделения ее из газа под действием электрического поля. При пропускании запыленного газового потока через сильное электрическое поле частицы пыли получают электрический заряд и ускорение, заставляющее их двигаться вдоль силовых линий поля с последующим осаждением на электродах.

Способ пригоден для улавливания пыли из самых разнообразных аэрозолей и туманов. Он позволяет очищать большие объемы газов в химической, металлургической, газовой и других отраслях промышленности. Особенно широко электростатическую очистку применяют для улавливания летучей золы из дымовых газов электростанций.

В аппаратах электростатической очистки запыленный газ пропускают через электрическое поле высокого напряжения, где он под действием поля ионизируется, т.е. часть молекул газа расщепляется на электроны и положительные ионы. Образующиеся отрицательно заряженные ионы, встречая на своем пути частицы пыли, отдают им свой заряд, пылинки начинают притягиваться к заземленным электродам и осаждаются на них.

Электрофильтры можно классифицировать по многим признакам. По расположению зон зарядки и осаждения электрофильтры делят на однозонные и двухзонные. В однозонных электрофильтрах зоны зарядки и осаждения совмещены, а в двухзонных коронирующие и осадительные электроды разделены и размещены в разных конструктивных зонах. В соответствии с направлением движения газового потока фильтры разделяют на горизонтальные и вертикальные. По форме осадительных электродов различают электрофильтры пластинчатые, трубчатые и иногда шестигранные. По числу последовательно расположенных полей электрофильтры бывают однопольными и многопольными, а по числу параллельно работающих секций односекционными и многосекционными. Вывод уловленной пыли из электрофильтра может осуществляться в сухом виде посредством встряхивания электродов и в мокром виде смывом водой. В соответствии с этим различают сухие и мокрые электрофильтры.

Включают в себя следующие основные элементы:

а) корпус электрофильтра;

б) узлы подвода, распределения и отвода очищаемых газов;

в) электроды, коронирующие и осадительные;

г) устройства для удаления условленной пыли с электродов;

д) изоляторные коробки – узлы для подачи на электроды высокого напряжения;

е) устройства для сбора и вывода уловленной пыли из аппарата.

Основным технологическим элементом, решающим образом влияющим на работу электрофильтра, являются электроды – коронирующие и осадительные.

Коронирующие электроды могут быть гладкими или иметь фиксированные точки разряда.

Гладкие электроды могут быть круглого, квадратного, звездообразного или ленточного сечений. В целях снижения вторичного уноса применяют коробчатые и желобчатые электроды. Коронирующие электроды с фиксированными точками разряда снабжены иглами, на которых и возникает коронный разряд. Меняя шаг игл и их высоту, можно получать определенное значение тока короны. Чаще всего применяют электроды из ленты со штампованными зубцами или шипами.

Подвод газов к электрофильтру и отвод из него должны обеспечивать равномерное распределение газов в аппарате. Сечение подводящих и отводящих газопроводов определяют, исходя из скорости газа около 20 м/с, обеспечивающей отсутствие осаждения пыли в газопроводе. При присоединении газопроводов к электрофильтру устанавливают диффузоры и конфузоры, необходимые для осуществления плавного перехода от скорости газа в газопроводе к значительно более низкой скорости газа в электрофильтре. При многосекционных электрофильтрах конструкция газопроводов должна позволять отключать отдельные секции.

На входе газов в электрофильтр устанавливают специальные устройства, выравнивающие скорости газа в сечении электрофильтра: направляющие аппараты, распределительные решетки.

Оборудование для электростатической очистки газов подразделяют на сухие и мокрые электрофильтры.

При приемке электрофильтра особое внимание нужно уделить качеству и центровке коронирующих электродов. Если диаметры электродов различны, то при возникновении короны на тонких электродах коронирования на более толстых электродах не происходит. В случае повышения напряжения для получения короны на толстых электродах на тонких электродах может наступить пробой. При неправильной центровке в месте сближения электродов пробой может произойти раньше, чем в остальных местах начнется устойчивое коронирование.

Влияние скорости газов. С увеличением скорости газов уменьшаются размеры и, следовательно, стоимость электрофильтра. С другой стороны, уменьшается время пребывания частиц в аппарате. Кроме того, с увеличением скорости возрастают турбулентность потока и вторичный унос уже уловленных частиц. В большинстве случаев электрофильтр работает достаточно хорошо, если время пребывания частиц в активной зоне составляет 8 – 12 с, что обычно соответствует скорости газового потока 1,0 – 1,5 м.

Влияние параметров газа. Во-первых, вследствие адсорбции молекул воды частицами пыли увеличивается проводимость пылевого слоя, а во-вторых, тем, что с повышением влажности растет величина пробойного напряжения. Это позволяет работать при более высоких напряженностях электрического поля. Температура газа отрицательно влияет на работу электрофильтра. С повышением температуры снижается величина пробойного напряжения и увеличиваются вязкость газа, а также объемы и скорости газа. Повышение давления газа отрицательно сказывается на эффективности работы электрофильтра из-за снижения подвижности ионов.

Физико-химические свойства топлива и технология его сжигания также влияют на скорость дрейфа частиц.

Повышение запыленности газа сверх определенного предела ухудшает эффективность фильтра в связи с уменьшением ионного тока. Появляются признаки частичного запирания короны, которое для многих пылей может перейти в полное запирание короны уже при запыленности газа свыше 20 – 25 г/м3. Кроме того, высокая запыленность газов усложняет удаление пыли с электродов, повышает нагрузку на опорные конструкции электродов, интенсивность работы и износ встряхивающих механизмов. С увеличением размеров частиц до 20 – 25 мкм возрастает эффективность улавливания. Наибольшая эффективность наблюдается при размерах частиц 20 – 40 мкм.

Чистота электродов – один из важнейших факторов нормальной эксплуатации электрофильтров. При хорошо проводящей пыли диаметр коронирующего электрода как бы возрастает и требует увеличения начального напряжения короны. При плохо проводящей пыли коронирующий электрод покрывается изолирующим слоем и коронирование может вообще прекратиться. При накоплении большого слоя пыли на осадительных электродах снижается активное напряжение на электродах, повышается вторичный унос уловленной пыли и вследствие неровной поверхности слоя возникает способность пробоя на его выступах.

Все промышленные электрофильтры работают в настоящее время при отрицательной полярности коронирующего электрода. Основанием для этого являются: а) бóльшая подвижность отрицательных ионов, заполняющих внешнюю зону коронного разряда, по сравнению с положительными; б) более высокое значение пробивного напряжения, чем при короне положительного знака; в) более устойчивый характер коронного разряда.

**1.10. Лекция №10 (2час).**

**Тема: «Газоочистка»**

**Абсорбцией называют** процесс поглощения газов или паров из газовых или парогазовых смесей жидким поглотителем – абсорбентом. Если поглощаемый газ – абсорбтив – химически не взаимодействует с абсорбентом, то такую абсорбцию называют физической (непоглощаемую составную часть газовой смеси называют инертом, или инертным газом). Если же абсорбтив образует с абсорбентом химическое соединение, то такой процесс называют хемосорбцией. В технике часто встречается сочетание обоих видов абсорбции.

**Физическая абсорбция** (или просто абсорбция) обычно обратима. На этом свойстве абсорбционных процессов основано выделение поглощенного газа из раствора – **десорбция.** Десорбцию газа проводят отгонкой его в токе инертного газа или водяного пара в условиях подогрева абсорбента или снижения давления над абсорбентом. Отработанные после хемосорбции абсорбенты обычно регенерируют химическими методами или нагреванием.

Сочетание абсорбции и десорбции позволяет многократно применять поглотитель и выделять поглощенный газ в чистом виде. Часто десорбцию проводить не обязательно, так как полученный в результате абсорбции раствор является конечным продуктом, пригодным для дальнейшего использования.

Аппараты, в которых проводят процессы абсорбции, **называют абсорберами.**

При проведении абсорбции в качестве абсорбентов применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

К абсорбентам предъявляют определенные требования. Они должны иметь возможно большую абсорбционную емкость, высокую селективность, невысокое давление насыщенных паров и небольшую вязкость, быть термохимически устойчивыми, не проявлять коррозионную активность, легко регенерироваться, быть доступными и иметь низкую стоимость.

Выбор абсорбера обусловливается особенностями его эксплуатации, поскольку от них сильно зависит функционирование оборудования с требуемой эффективностью. Оборудование для сбора газообразных загрязняющих веществ из отходящих газов в основе своей аналогично оборудованию для химических процессов, но должно удовлетворять более жестким требованиям. Так, концентрации отделяемых веществ обычно низки (часто концентрация данного вещества на входе в аппарат практически равна его концентрации в отходящих газах), поэтому градиент концентрации между газом и орошающей жидкостью, от которого зависит массообмен и движущая сила абсорбции, весьма мал. Другая характеристическая особенность – это, как правило, большие объемы обрабатываемых газов. Следовательно, скорость газового потока в абсорбере должна быть возможно большей, чтобы не пришлось создавать слишком громоздкое оборудование. Оба эти фактора – низкая концентрация отделяемого вещества и малое время контакта очищаемого газа с орошающей жидкостью – неблагоприятны для абсорбции и снижают ее эффективность. Таким образом, абсорбционное оборудование должно обеспечивать надежный контакт жидкости и газа и эффективное их смешение. Следовательно, поверхностные абсорберы лишь случайно могут использоваться для отделения загрязняющих веществ от отходящих газов, поскольку площадь поверхности их контакта с жидкостью мала.

**Классификация абсорберов**

По способу образования этой поверхности, что непосредственно связано с конструктивными особенностями абсорберов, их можно подразделить на четыре основные группы:

1. Распыливающие

2. Насадочные

3. Пленочные

4. Тарельчатые

*Распыливающие (безнасадочные) аппараты.* *Достоинства и недостатки распыливающих аппаратов.* Простейшее  абсорбционное оборудование, обеспечивающее достаточную эффективность процесса, - это безнасадочные колонны. Они представляют собой цилиндрические или призматические сосуды, в которых орошающая жидкость разбрызгивается (обычно через серию форсунок) в направлении, противоположном потоку очищаемого газа, и в виде капель падает на дно абсорбера.

В распыливающих абсорберах контакт между фазами достигается распыливанием или разбрызгиванием жидкости в газовом потоке. Эти абсорберы подразделяют на следующие группы: 1) полые (форсуночные) распыливающие абсорберы, в которых жидкость распыляется на капли форсунками; 2) скоростные прямоточные распыливающие абсорберы, в которых распыление жидкости осуществляется за счет кинетической энергии газового потока; 3) механические распыливающие абсорберы, в которых жидкость распыляется вращающимися деталями.

Площадь поверхности контакта между газом и жидкостью пропорциональна суммарной площади поверхности капель. Чем мельче капли, тем больше суммарная площадь их поверхности ( при тотм же объеме) и лучше условия абсорбции. Однако слишком мелкие капли орошающей жидкости уносятся газовым потоком. Этот унос можно уменьшить с помощью каплеотделителя, встроенного в абсорбер либо установленного отдельно. Величина уноса ограничивает максимум полезной скорости потока в абсорбере, а также и размеры оборудования. Эффективность абсорбции в безнасадочных колоннах зависит от однородности распределения капель жидкости по всей колонне. Для достижения хорошего разделения орошающей жидкости диаметр колонны, как правило, не должен превышать 2 – 3 м. В противном случае падает эффективность и необходимо применять более сложную аппаратуру для распыления. С позиций однородности распределения капель орошающей жидкости предпочтительно применять цилиндрические абсорбционные колонны, а где прямоугольные, поскольку в углах труднее поддерживать однородность потока.

Преимущество безнасадочных колонн заключается в малом сопротивлении потоку газа (обычно от 100 до 300 Па), простоте конструкции и меньших помехах пылевых частиц в очищаемом газе. Недостатки – малая эффективность процессов диффузии и массообмена. При больших скоростях потока значительное количество орошающей жидкости уносится, следовательно, необходимость применения сниженных скоростей приводит к частичной потере преимуществ. Оборудование должно быть больших размеров либо можно использовать несколько колонн. Таким образом, этот метод применим только в определенных ситуациях, например при быстрой сорбции, или в тех случаях, когда не требуется тщательной очистки газа.

Полые распыливающие абсорберы представляют собой полые колонны. В этих абсорберах газ движется снизу вверх, а жидкость подается через расположенные в верхней части колонны форсунки с направлением факела распыла обычно сверху вниз. Эффективность таких абсорберов невысока, что обусловлено перемешиванием газа по высоте колонны и плохим заполнением ее сечения факелом распыленной жидкости. В результате объемный коэффициент массопередачи и число единиц переноса в этих аппаратах невелики. Поэтому распылительные форсунки в полых абсорберах часто устанавливают на нескольких уровнях.

Полые распыливающие абсорберы отличаются простотой устройства, низкой стоимостью, малым гидравлическим сопротивлением, их можно применять для обработки сильно загрязненных газов.

*К недостаткам полых распыливающих абсорберов*, помимо их низкой эффективности, относятся также низкие скорости газа (до 1 м/с) во избежание уноса, неудовлетворительная их работа при малых плотностях орошения, достаточно высокий расход энергии на распыление жидкости.

Распыливающие полые абсорберы целесообразно применять для улавливания хорошо растворимых газов.

Скоростные прямоточные распыливающие абсорберы отличаются тем, что в случае прямотока процесс можно проводить при высоких скоростях газа (до 20 – 30 м/с и выше), причем вся жидкость уносится с газом и отделяется от него в сепарационном пространстве 4. К этому типу аппаратов относится абсорбер Вентури, основной частью которого является труба Вентури. Жидкость поступает в конфузор, течет в виде пленки и в горловине распыляется газовым потоком. Затем жидкость газовым потоком выносится в диффузор, в котором скорость газа снижается и его кинетическая энергия переходит в энергию давления с минимальными потерями. Отделение капель от газа происходит в сепараторе.

*Механические распыливающие абсорберы*. В этих абсорберах разбрызгивание жидкости производится с помощью вращающихся устройств, т.е. с подводом внешней энергии для развития поверхности фазового контакта.

По сравнению с абсорберами других типов механические абсорберы более компактны и эффективны, но они значительно сложнее по конструкции и требуют больших затрат энергии для проведения процесса. Поэтому механические распыливающие абсорбера целесообразно применять в тех случаях, когда распыление с помощью форсунок или газом, взаимодействующим с жидкостью, по каким-либо причинам не представляется возможным.

При проведении абсорбции в качестве абсорбентов применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

Установки для абсорбции могут быть разомкнутыми (без  регенерации абсорбента) и циркуляционными (с регенерацией абсорбента).

*Насадочные абсорберы: принцип работы насадочных абсорберов. Перераспределение жидкости между слоями.* Эти абсорберы представляют собой колонны, заполненные насадкой – твердыми телами различной формы. В насадочной колонне 1 (рис. 4,а,б) насадка 3 укладывается на опорные решетки 4, имеющие отверстия или щели для прохождения газа и стока жидкости, которая достаточно равномерно орошает насадку 3 с помощью распределителя 2 и стекает по поверхности насадочных тел в виде тонкой пленки вниз. Однако равномерного распределения жидкости по всей высоте насадки по сечению колонны обычно не достигается, что объясняется пристеночным эффектом. Вследствие этого жидкость имеет тенденцию растекаться от центральной части колонны к ее стенкам (рис. 5). Из этого рисунка следует, что жидкость практически полностью оттесняется от места ввода абсорбента к периферии колонны на расстоянии, равном четырем-пяти ее диаметрам. Поэтому часто насадку в колонну загружают секциями высотой в четыре-пять диаметров (но не более 3 – 4 метров в каждой секции), а между секциями (слоями насадки) устанавливают перераспределители жидкости 5 (рис. 4,б и 6), назначение которых состоит в направлении жидкости от периферии колонны к ее оси.

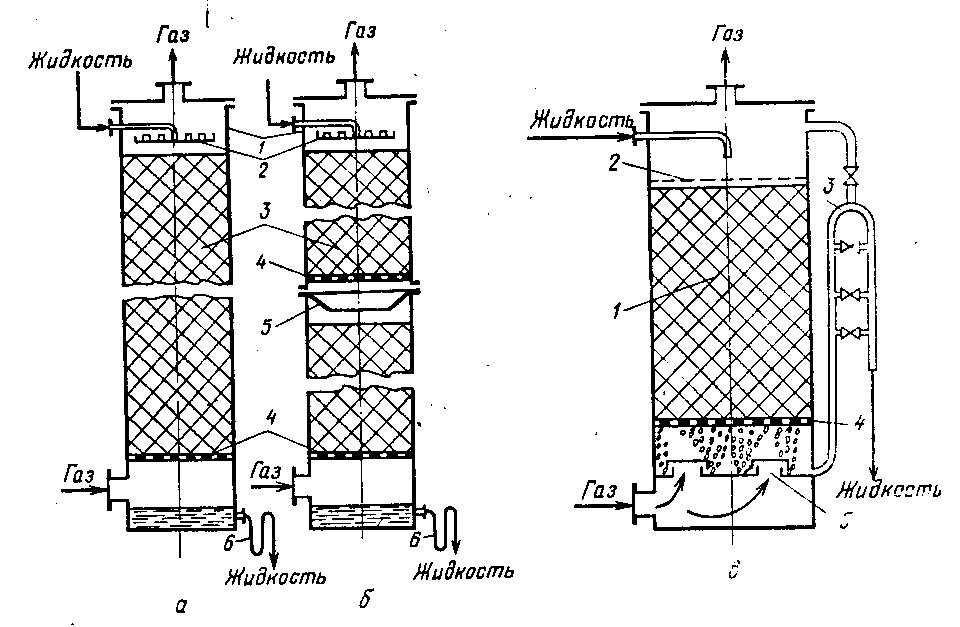


Рис. 4. Насадочные абсорберы:

а – со сплошным слоем насадки; б – с секционной загрузкой насадки: 1 – корпуса; 2 – распределители жидкости; 3 – насадка; 4 – опорные решетки; 5 – перераспределитель жидкости; 6 – гидравлические затворы; в – эмульгационная насадочная колонна; 1 – насадка; 2 – сетка, фиксирующая насадку; 3 – гидравлический затвор; 4 – опорная решетка; 5 – распределитель газа.

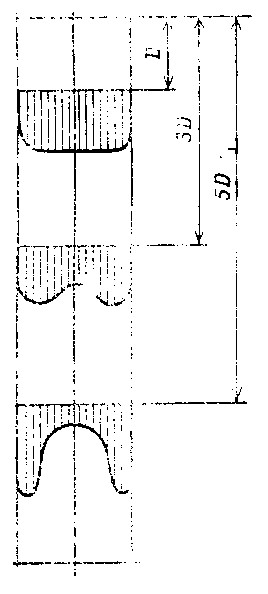


Рис. 5. Распределение орошающей жидкости по высоте насадочной колонны

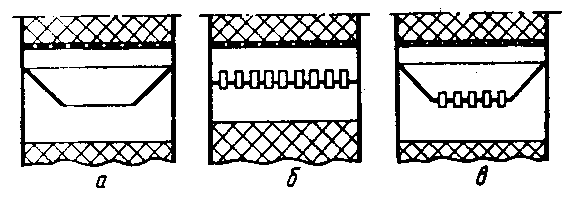


Рис. 6. Перераспределители жидкости между слоями насадки:

 а – конический; б – патрубковый; в – конический с патрубками

Жидкость в насадочной колонне течет по элементу насадки в виде тонкой пленки, поэтому поверхностью контакта фаз является в основном смоченная поверхность насадки. Однако при перетекании жидкости с одного элемента насадки на другой пленка жидкости разрушается и на нижележащем элементе образуется новая пленка. При этом часть жидкости проходит на расположенные ниже слои насадки в виде струек, капель и брызг. Часть поверхности насадки, в основном в местах соприкосновения насадочных элементов друг с другом, бывает смочена неподвижной (застойной) жидкостью. В этом состоит основная особенность, в которых пленочное течение жидкости происходит по всей высоте аппарата.

К основным характеристикам насадки относят ее удельную поверхность а (м2/м3) и свободный объем ε (м3/м3). Обычно величину ε определяют путем заполнения объема насадки водой. Отношение объема воды к объему, занимаемому насадкой, дает величину ε. Еще одной характеристикой насадки является ее свободное сечение S (м2/м2). Принимают, что свободное сечение насадки S равно по величине ее свободному объему, т.е. S = ε.

*Насадочные абсорберы. Гидродинамические режимы в насадочных абсорберах. Выбор насадки.* Графическая зависимость гидравлического сопротивления орошаемой насадки от скорости газа в колонне (рис. 7).

Первый режим – пленочный – наблюдается при небольших плотностях орошения на малых скоростях газа. В этом режиме отсутствует влияние газового потока на скорость стекания по насадке жидкой пленки и, следовательно, на количество задерживаемой в насадке жидкости.

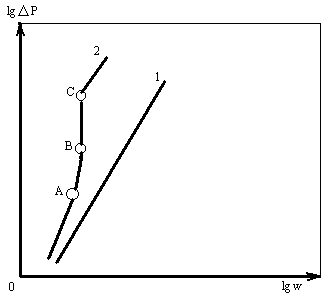


Рис. 7. Зависимость гидравлического сопротивления насадки от скорости газа в колонне L = const):

1 – сухая насадка; 2 – орошаемая насадка

Пленочный режим заканчивается в первой переходной точке А на рис.7, называемой точкой подвисания.

Второй режим – *режим подвисания* (или торможения). После точки А повышение скорости газа приводит к заметному увеличению сил трения о жидкость на поверхности контакта фаз и подтормаживанию жидкости газовым потоком. Вследствие этого скорость течения пленки жидкости уменьшается, а ее толщина и количество удерживаемой жидкости в насадке увеличиваются. В режиме подвисания с повышением скорости газа нарушается спокойное течение пленки жидкости, появляются завихрения, брызги, увеличивается смоченная поверхность насадки и соответственно – интенсивность процесса массопередачи. Этот режим заканчивается в точке В.

Третий режим – *режим эмульгирования* – возникает при превышении скорости, соответствующей точке В. В результате происходит накопление жидкости в свободном объеме насадки до тех пор, пока сила трения между стекающей жидкостью и поднимающимся по колонне газом не уравновесит силу тяжести жидкости, находящейся в насадке. При этом наступает обращение, или инверсия, фаз (жидкость становится сплошной фазой, а газ – дисперсной). Образуется газожидкостная дисперсная система, по внешнему виду напоминающая барботажный слой (пену) или газожидкостную эмульсию. Режим эмульгирования начинается в самом узком сечении насадки, плотность засыпки которой неравномерна по сечению колонны. Путем тщательного регулирования подачи газа режим эмульгирования может быть установлен по всей высоте насадки (отрезок ВС на рис. 7).

Режим эмульгирования соответствует максимальной эффективности насадочных колонн преимущественно вследствие увеличения контакта фаз, который в этом режиме определяется не столько поверхностью насадочных тел, сколько поверхностью образующейся газожидкостной эмульсии, заполняющей весь свободный объем насадки. Следует отметить, что это повышение эффективности насадочной колонны сопровождается резким увеличением ее гидравлического сопротивления (отрезок ВС). В насадочных колоннах без специальных устройств поддерживать режим эмульгирования очень трудно, так как мал интервал изменения скоростей газа, при котором насадочная колонна работает в этом режиме (между точками В и С). Поэтому разработана специальная конструкция эмульгационной колонны (см. рис. 4,в).

Как правило, работа в режиме подвисания и эмульгирования целесообразна только в случае, если повышение гидравлического сопротивления аппарата не имеет существенного значения (например, если абсорбер работает при повышенных давлениях). Поэтому большинство насадочных адсорберов работает в пленочном режиме (т.е. при скоростях газа до точки А).

Пределом устойчивой работы насадочных колонн является скорость газа, соответствующая точке инверсии (или захлебывания) w3,

Из этого уравнения следует, что с увеличением плотности орошения (или расхода жидкости), вязкости жидкости и уменьшением ее плотности скорость захлебывания снижается; для крупной насадки, имеющей большее свободное сечение, при одинаковых расходах жидкости и газа величина w3 выше.

Четвертый режим (от точки С на рис. 7 и выше) – *режим уноса*, или обращенного движения жидкости, выносимой из аппарата газом. Этот режим в технике не используется.

**Выбор насадки**

Эффективность работы насадочных абсорберов существенно зависит от площади поверхности насадки и однородности ее орошения. Последнее определяется регулярностью подач орошающей жидкости и особенностями поверхности насадки. Керамические элементы орошаются более однородно, тогда как на пластиковых элементах при малой подаче жидкости не образуется сплошной пленки и, следовательно, в массообмене принимает участие лишь малая часть поверхности. Скорость газового потока влияет на формирование слоя орошающей жидкости. При более высоких скоростях потока может образоваться тонкий однородный слой, обеспечивающий интенсивную абсорбцию. Для получения хорошей эффективности насадка должна, по возможности, иметь максимально высокую удельную поверхность, т.е. отношение поверхности к объему, а также высокую порозность, чтобы снизить гидравлическое сопротивление. Зависимости удельной поверхности (на единицу объема) насадки абсорбера и особенностей ее укладки представлены в табл. 2. Кроме того, насадка должна иметь малую плотность, чтобы конструкция абсорбера не была слишком тяжелой и не требовала большого количества конструкционного материала.

Для того, чтобы насадка работа эффективно, она должна удовлетворять следующим требованиям:

1) хорошо смачиваться орошающей жидкостью, т.е. материал насадки по отношению к орошающей жидкости должен быть лиофильным;

2) оказывать малое гидравлическое сопротивление газовому потоку, т.е. иметь возможно большее значение свободного объема или сечения насадки;

3) создавать возможность для высоких нагрузок аппарата по жидкости и газу; для этого насадка должна также иметь большие значения ε или Sсв;

4) иметь малую плотность;

5) равномерно распределять орошающую жидкость;

6) быть стойкой к агрессивным средам;

7) обладать высокой механической прочностью;

8) иметь невысокую стоимость.

Насадок, которые бы полностью удовлетворяли всем указанным требованиям, не существует, так как соответствие одним требованиям нарушает соответствие другим.

В качестве насадки наиболее широко применяют тонкостенные кольца Рашига, имеющие высоту, равную диаметру, который изменяется в пределах 15 – 150 мм. Кольца малых размеров засыпают в колонну навалом. Большие кольца от 50 × 50 мм и выше) укладывают правильными рядами, сдвинутыми друг относительно друга. Такой способ заполнения аппарата насадкой называют загрузкой в укладку, а загруженную таким способом насадку – регулярной. Регулярная насадка имеет ряд преимуществ перед нерегулярной, навалом засыпанной в колонну; обладает меньшим гидравлическим сопротивлением, допускает большие скорости газа. Однако регулярная насадка требует более сложных по устройству оросителей, чем насадка, засыпанная навалом.

*Хордовую насадку* обычно применяют в абсорберах большого диаметра.

При выборе размеров насадки необходимо учитывать, что с увеличением размеров ее элементов увеличивается допустимая скорость газа, а гидравлическое сопротивление насадочного абсорбера снижается. Общая стоимость колонны с крупной насадкой будет ниже за счет снижения диаметра абсорбера, несмотря на то, что высота насадки несколько увеличится по сравнению с таковой в абсорбере, заполненном насадкой меньших размеров. Это особенно относится к абсорбции хорошо растворимых газов. При абсорбции плохо растворимых газов более подходящей может быть и сравнительно мелкая насадка.

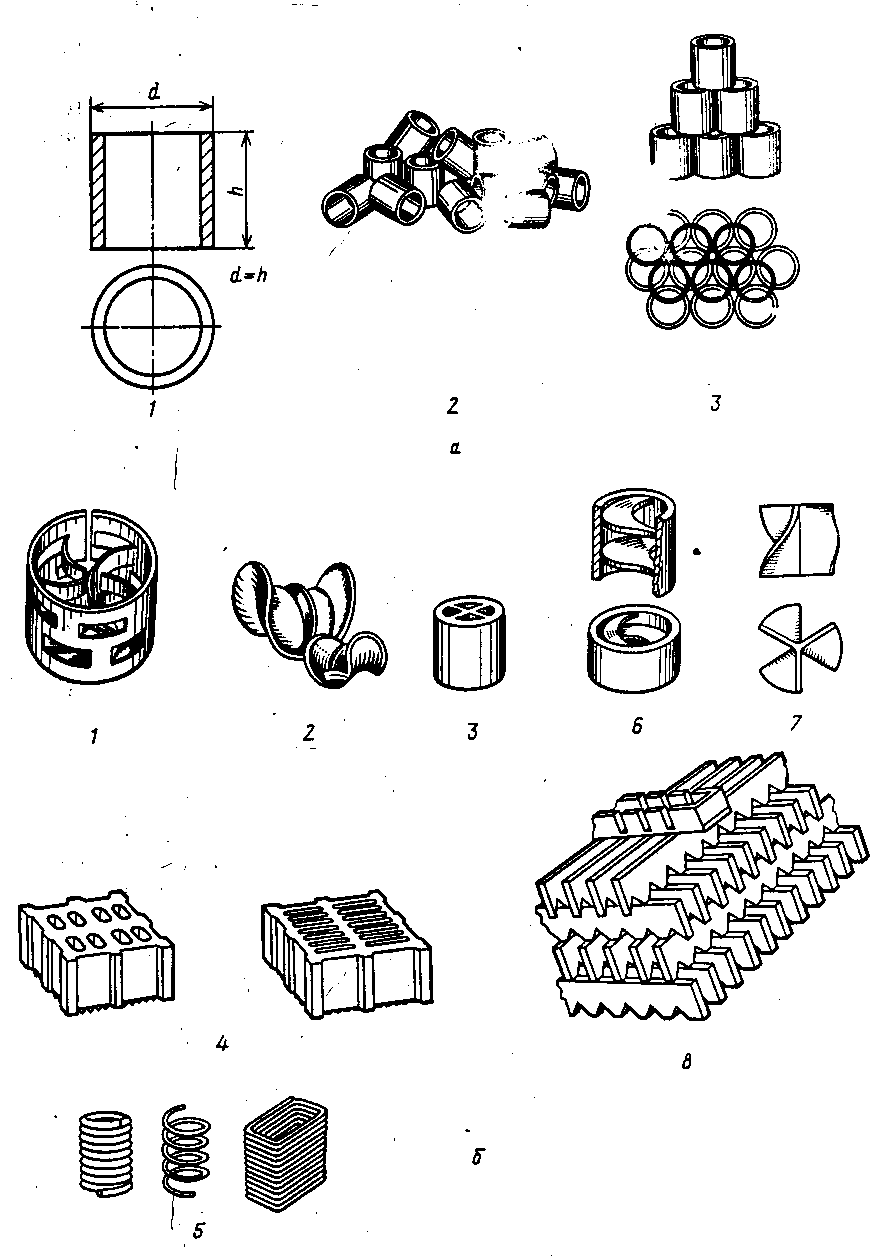
Если необходимо провести глубокое разделение газовой смеси, требующее большого числа единиц переноса, то в этом случае рациональнее использовать мелкую насадку. Мелкая насадка предпочтительнее при проведении абсорбции под повышенным давлением, так как при этом потеря напора в абсорбере составит малую долю от общего давления газовой смеси.

При выборе размера насадки необходимо соблюдать условие, при котором отношение диаметра D колонны к эквивалентному диаметру d, насадки D/dэ ≥ 10.

В случае загрязненных сред целесообразно применять регулярные насадки, в том числе при работе под повышенным давлением. Для этих сред можно использовать также так называемые абсорберы с плавающей насадкой. В качестве насадки в таких абсорберах обычно применяют легкие полые шары из пластмассы, которые при достаточно высоких скоростях газа переходят во взвешенное состояние. Вследствие их интенсивного взаимодействия такая насадка практически не загрязняется.

В абсорберах с плавающей насадкой возможно создание более высоких скоростей, чем в колоннах с неподвижной насадкой. При этом увеличение скорости газа приводит к расширению слоя шаров, что способствует снижению скорости газа в слое насадки. Поэтому существенное увеличение скорости газового потока в таких аппаратах (до 3 – 5 м/с) не приводит к значительному возрастанию их гидравлического сопротивления.

Абсорбера с насадкой требуют также создания более массивных конструкций, а их гидравлическое сопротивление в несколько раз больше, чем безнасадочных. Они не подходят для очистки газов, содержащих значительные количества твердых частиц, поскольку насадка легко забивается, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления или даже к блокировке всего абсорбера. Насадочные абсорберы нельзя применять, если необходимо учищать газы малым количеством орошающей жидкости, так как при этом невозможно равномерно увлажнять всю поверхность насадки.



**Аппараты физико-химической очистки газа. Абсорбция. Десорбция. Хемосорбция. Физико-химическая сущность процессов.**

В зависимости от физико-химических свойств загрязняющих веществ и от условий, при которых осуществляется их отделение, наиболее часто применяют процессы абсорбции, адсорбции, окисления и восстановления, а также каталитическое (обычно гетерогенные, главным образом гетерогенное каталитическое окисление или восстановление). Важными критериями являются канцерогены загрязняющего вещества в газе, объем газа, температура и содержание твердых частиц. Важно также решить такие вопросы, как:

− будет аппарат работать непрерывно или с перерывами;

− циклично, с регенерацией активного вещества, или нециклично и т.д.

Кроме того, на результат выбора влияют местные условия: например, можно ли использовать отделяемые вещества для других целей, а также будет ли выбрасываемый продукт негативно влиять на окружающую среду.

Наибольшее распространение получили абсорбционные методы.

**Абсорбцией называют** процесс поглощения газов или паров из газовых или парогазовых смесей жидким поглотителем – **абсорбентом**. Если поглощаемый газ – **абсорбтив** – химически не взаимодействует с абсорбентом, то такую абсорбцию называют **физической** (непоглощаемую составную часть газовой смеси называют инертом, или инертным газом). Если же абсорбтив образует с абсорбентом химическое соединение, то такой процесс называют **хемосорбцией**. В технике часто встречается сочетание обоих видов абсорбции.

**Физическая абсорбция** (или просто абсорбция) обычно обратима. На этом свойстве абсорбционных процессов основано выделение поглощенного газа из раствора – десорбция. Десорбцию газа проводят отгонкой его в токе инертного газа или водяного пара в условиях подогрева абсорбента или снижения давления над абсорбентом. Отработанные после хемосорбции абсорбенты обычно регенерируют химическими методами или нагреванием.

Сочетание абсорбции и десорбции позволяет многократно применять поглотитель и выделять поглощенный газ в чистом виде. Часто десорбцию проводить не обязательно, так как полученный в результате абсорбции раствор является конечным продуктом, пригодным для дальнейшего использования.

В промышленности абсорбцию применяют для решения следующих основных задач:  - для получения готового продукта (например, абсорбция SO3 в производстве серной кислоты, абсорбция HCl с получением хлороводородной кислоты, абсорбция оксидов азота водой в производстве азотной кислоты и т.д.); при этом абсорбцию проводят без десорбции;

- для выделения ценных компонентов из газовых смесей (например, абсорбция бензола из кокосового газа; абсорбция ацетилена из газов крекинга или пиролиза природного газа и т.д.); при этом абсорбцию проводят в сочетании с десорбцией;

- для очистки газовых выбросов от вредных примесей (например, очистка топочных газов от SO2, очистка от фтористых соединений газов, выделяющихся при производстве минеральных удобрений и т.д.). Очистку газов от вредных примесей адсорбцией используют также применительно к технологическим газам, когда присутствие примесей недопустимо для дальнейшей переработки газа (например, очистка коксового и нефтяного газов от H2S, очистка азотоводородной смеси для синтеза аммиака от СО2 и СО и т.д.). В этих случаях извлекаемые из газовых смесей компоненты обычно используют, поэтому их выделяют десорбцией;

- для осушки газов, когда в абсорбционных процессах (абсорбция, десорбция) участвуют две фазы – жидкая и газовая, и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую (при абсорбции) или, наоборот, из жидкой фазы в газовую (при десорбции), причем инертный газ и поглотитель являются только носителями компонента, соответственно, в газовой и жидкой фазах и в этом смысле в массопереносе не участвуют.

Аппараты, в которых проводят процессы абсорбции, **называют абсорберами**. При проведении абсорбции в качестве абсорбентов применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей, органические вещества и водные суспензии различных веществ. Установки для абсорбции могут быть разомкнутыми (без регенерации абсорбента) и циркуляционными (с регенерацией абсорбента).

*Факторы, воздействующие на скорость абсорбции*

Величина абсорбции зависит от температуры, давления и концентрации.

Температура влияет на величину абсорбции следующим образом: чем выше температура, тем активнее броуновское движение молекул, тем больше десорбция и меньше абсорбция.

Согласно закону Генри растворимость газа в жидкости пропорциональна давлению, под которым газ находится, но при условии, что газ при растворении не образует новых соединений и молекулы его не полимеризуются. То есть чем выше давление, тем лучше процесс абсорбции и тем скорость абсорбции выше.

При малых концентрациях абсорбтива (поглощаемого газа) наблюдается прямая пропорциональность: то есть величина абсорбции увеличивается с увеличением концентрации абсорбтива. При дальнейшем увеличении концентрации абсорбтива абсорбция увеличивается, но уже в меньшей степени. При больших концентрациях происходит насыщение абсорбента и с момента полного насыщения увеличение концентрации на количество абсорбированного вещества уже не влияет.

*Абсорбенты, применяемые для очистки газов*

При проведении абсорбции в качестве абсорбентов применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Поглощаемые компоненты*** | ***Абсорбенты*** |
| Оксиды азота N2O3, NO2, N2O5 | Вода, водные растворы и суспензии: NaOH, Na2CO3, NaHCO3, KOH, K2CO3, KHCO3, Ca(OH)2, CaCO3, Mg(OH)2, MgCO3, Ba(OH)2, BaCO3, NH4HCO3 |
| Оксиды азота NO | Растворы FeCl2, FeSO4, Na2S2O3, NaHCO3, Na2SO3, NaHSO3 |
| Диоксид серы SO2 | Вода, водные растворы: Na2SO3 (18 – 20%-ные), NH4OH (5 – 15%-ные), Са(ОН)2, Na2CO3 (15 – 20%-ные) NaOH (15 – 25%-ные), КОН, (NH4)2SO3 (20 – 25%-ные), ZnSO3, К2СО3; суспензии СаО, MgO, CaCO3, ZnO, золы; ксилидин – вода в соотношении 1:1, диметиланилин С6Н3(СН3)2NH2 |
| Сероводород H2S | Водный раствор Na2CO3 + Na3AsO4 (Na2HSO2); водный раствор As2O3 (8 – 10 г/л) +  NH3 (1,2 – 1,5 г/л) + (NH4)3AsO3 (3,5 – 6 г/л); моноэтаноламин (10 – 15%-ный раствор); растворы К3РО4 (40 – 50%-ные), NH4OH, K2CO3, Na2CO3, CaCn2, натриевая соль антрахинондисульфокислоты |
| Оксид углерода СО | Жидкий азот; медно-аммиачные растворы [Cu(NH3)]n × COCH |
| Диоксид углерода СО2 | Водные растворы Na2CO3, K2CO3, NaOH, KOH, Ca(OH)2, NH4OH, этаноламины RNH2, R2NH4 |
| Хлор Cl2 | Растворы NaOH, KOH, Ca(OH)2, Na2CO3, K2CO3, MgCO3, CaCO3, Na2S2O3; тетрахлоридметан CCl4 |
| Хлористый водород HCl | Вода; растворы NaOH, KOH, Ca(OH)2, Na2CO3, K2CO3 |
| Соединения фтора HF, SiF4 | Вода, растворы Na2CO3, NaOH, Ca(OH)2 |

Как правило, от СО2 не чистят.

*Требования, предъявляемые к абсорбентам*

К абсорбентам предъявляют определенные требования. Они должны иметь возможно большую абсорбционную емкость, высокую селективность, невысокое давление насыщенных паров и небольшую вязкость, быть термохимически устойчивыми, не проявлять коррозионную активность, легко регенерироваться, быть доступными и иметь низкую стоимость.

**Пленочные абсорберы.** В пленочных абсорберах поверхностью контакта фаз является поверхность жидкости, текущей по твердой, обычно вертикальной стенке. К этому виду аппаратов относятся: 1) трубчатые абсорберы; 2) абсорберы с плоскопараллельной или листовой насадкой; 3) абсорберы с восходящим движением пленки жидкости.

**Трубчатый абсорбер**

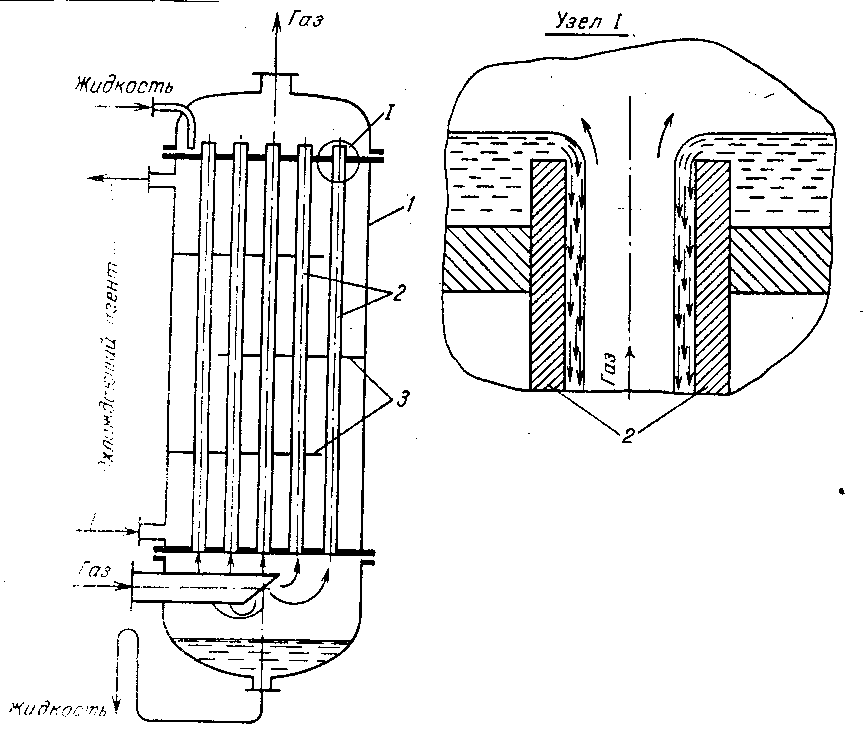


Рис. 12. Трубчатый пленочный абсорбер:

1 – корпус; 2 – трубки; 3 – перегородки

Абсорбент поступает на верхнюю трубную решетку, распределяется по трубам 2 и стекает по их внутренней поверхности в виде тонкой пленки. В абсорберах с большим числом труб для улучшения распределения абсорбента по трубам применяют специальные распределительные устройства. Газ движется по трубам снизу вверх навстречу стекающей жидкой пленке. В случае необходимости отвода теплоты абсорбции в межтрубное пространство абсорбера подают охлаждающий агент (обычно воду).

**Абсорбер с плоскопараллельной насадкой.** Такой аппарат представлен на рис. 13. Пакет листовой насадки 1 в виде вертикальных листов из различного материала (металл, пластические массы, натянутая на каркас ткань и др.) помещают в колонну (абсорбер). В верхней части абсорбера находятся распределительные устройства 2 для обеспечения равномерного смачивания листовой насадки с обеих сторон.

**Гидродинамические режимы в пленочных колоннах**. Пленочные противоточные колонны работают при скоростях газа, не превышающих скорости захлебывания. Начало захлебывания (подвисания) характеризуется резким возрастанием гидравлического сопротивления, а также количества находящейся в аппарате жидкости. При небольшом увеличении скорости газа аппарат начинает заполняться жидкостью, через которую барботирует газ. При дальнейшем повышении скорости происходит выброс жидкости вместе с газом через верхнюю часть аппарата или (при подаче жидкости снизу) переход к восходящему прямотоку.

В противоточных пленочных аппаратах допустимая скорость газа (т.е. скорость газа до точки захлебывания) достаточно высока – до 3-6 м/с. Гидравлическое сопротивление этих абсорберов мало, поскольку в пленочных абсорберах практически отсутствуют потери напора на преодоление местных сопротивлений. Поэтому очень высокие скорости газа (порядка десятков метров в секунду),  коэффициенты массопередачи при этом существенно возрастают, но одновременно с этим сильно растет их гидравлическое сопротивление. Последнее обстоятельство затрудняет широкое применение этих аппаратов для проведения процессов абсорбции при невысоких давлениях в системе.

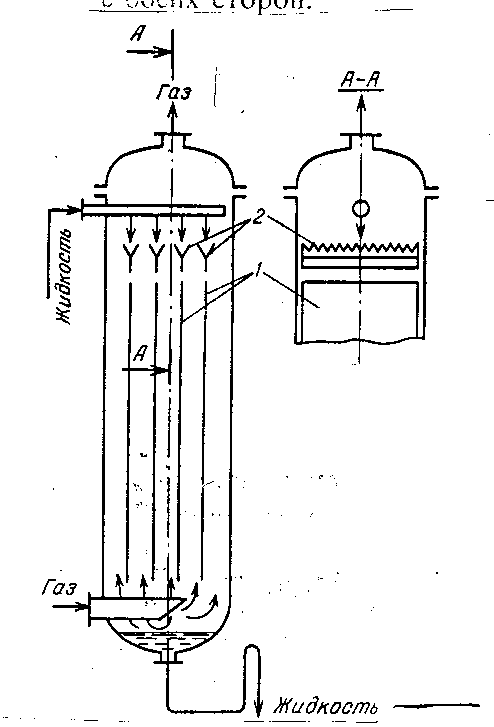


Рис. 13. Пленочный абсорбер с плоскопараллельной (листовой) насадкой:

1 – пакеты листовой насадки; 2 – распределительное устройство

На рис. 14,б показан двухступенчатый пленочный абсорбер с восходящим движением жидкости, каждая ступень которого работает по принципу прямотока, в то время как в аппарате в целом газ и жидкость движутся противотоком. Применение многоступенчатых абсорберов существенно усложняет их конструкцию.

Аппараты целесообразно применять при больших производительностях по газу, необходимости малых гидравлических сопротивлений и сравнительно невысокой степени извлечения компонентов. Последнее обстоятельство  объясняется тем, что значения ВЕП в этих аппаратах велики.

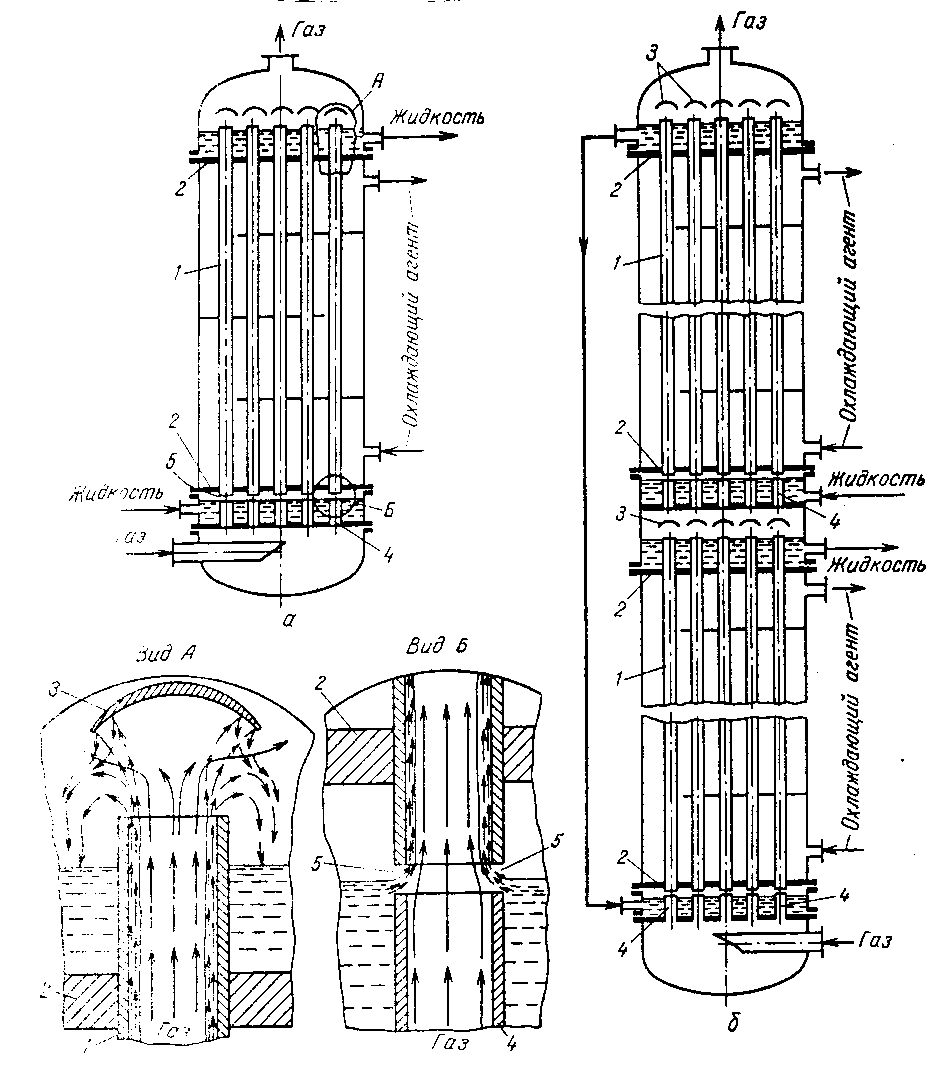


Рис. 14. Пленочные абсорберы с восходящим движением жидкости:

а – одноступенчатый абсорбер; б – двухступенчатый абсорбер; узел А – схема движения фаз на выходе из труб; узел Б- схема движения фаз на входе в трубы; 1 – трубы; 2 – трубные решетки; 3 – брызгоотстойники; 4 – распределительные патрубки; 5 – щели для подачи абсорбента

**Пленочный абсорбер с восходящим движением пленки**. Такие аппараты (рис. 14, а, б) состоят из пучка труб 1, закрепленных в трубных решетках 2. Газ проходит через распределительные патрубки 4, расположенные соосно с трубами 1. Абсорбент поступает в трубы через щели 5 (см. узел Б). Движущийся с достаточно высокой скоростью газ увлекает жидкую пленку снизу вверх, т.е. абсорбер работает в режиме восходящего прямотока. По выходе из труб 1 жидкость сливается на верхнюю трубную решетку и выводится из абсорбера. Для снижения брызгоуноса с отходящим газом в абсорбере устанавливаются брызгоотбойники 3. С целью охлаждения абсорбента в межтрубное пространство подают охлаждающий агент. Для повышения эффективности процесса применяют многоступенчатые абсорберы подобного типа.

**Тарельчатые абсорберы.** **Тарельчатые колонны со сливными устройствами**. Тарельчатые абсорберы обычно представляют собой вертикальные цилиндры – колонны, внутри которых на определенном расстоянии друг от друга по высоте колонны размещаются горизонтальные перегородки – тарелки. Тарелки служат для развития поверхности контакта фаз при направленном движении этих фаз (жидкость течет сверху вниз, а газ проходит снизу вверх) и многократном взаимодействии жидкости и газа.

Таким образом, процесс массопереноса в тарельчатых колоннах осуществляется в основном в газожидкостных системах, создаваемых на тарелках, поэтому в таких аппаратах процесс проходит ступенчато, и тарельчатые колонны в отличие от насадочных, в которых массоперенос непрерывно, относят к группе ступенчатых аппаратов.

На каждой тарелке, в зависимости от ее конструкции, можно поддерживать тот или иной вид движения фаз, обычно перекрестный ток или полное перемешивание жидкости. По способу слива жидкости с тарелки абсорберы этого типа подразделяют на колонны с тарелками со сливными устройствами и с тарелками без сливных устройств (с неорганизованным сливом жидкости). Тарельчатые колонны со сливными устройствами. К аппаратам этого типа относятся колонны с колпачковыми, ситчатыми, клапанными и другими тарелками. Эти тарелки имеют специальные устройства для перетока жидкости с одной тарелки на другую – сливные трубки, карманы и др. Нижние концы сливных устройств погружены в жидкость на нижерасположенных тарелках для создания гидрозатвора, предотвращающего прохождение газа через сливное устройство (рис.14,а)

Принцип работы абсорберов такого типа показан на рис. 15, а на примере колонны с колпачковыми тарелками. Жидкость подается на верхнюю тарелку, движется вдоль тарелки от одного сливного устройства к другому, перетекает с тарелки на тарелку и удаляется из нижней части абсорбера. Переливные устройства на тарелках располагают таким образом, чтобы жидкость на соседних по высоте аппарата тарелках протекала во взаимопротивоположных направлениях. Газ поступает в нижнюю часть абсорбера, проходит через прорези колпачков (в других абсорберах – через отверстия, щели и т.д.) – рис. 15,в – и затем попадает в слой жидкости на тарелке, высота которого регулируется в основном высотой сливного порога. При этом газ в жидкости распределяется в виде пузырьков и струй, образуя в ней слой пены, в которой происходят основные процессы массо- и теплопереноса. Эта пена нестабильна, и при подходе ее к сливному устройству жидкость осветляется. Пройдя через все тарелки, газ уходит из верхней части аппарата.

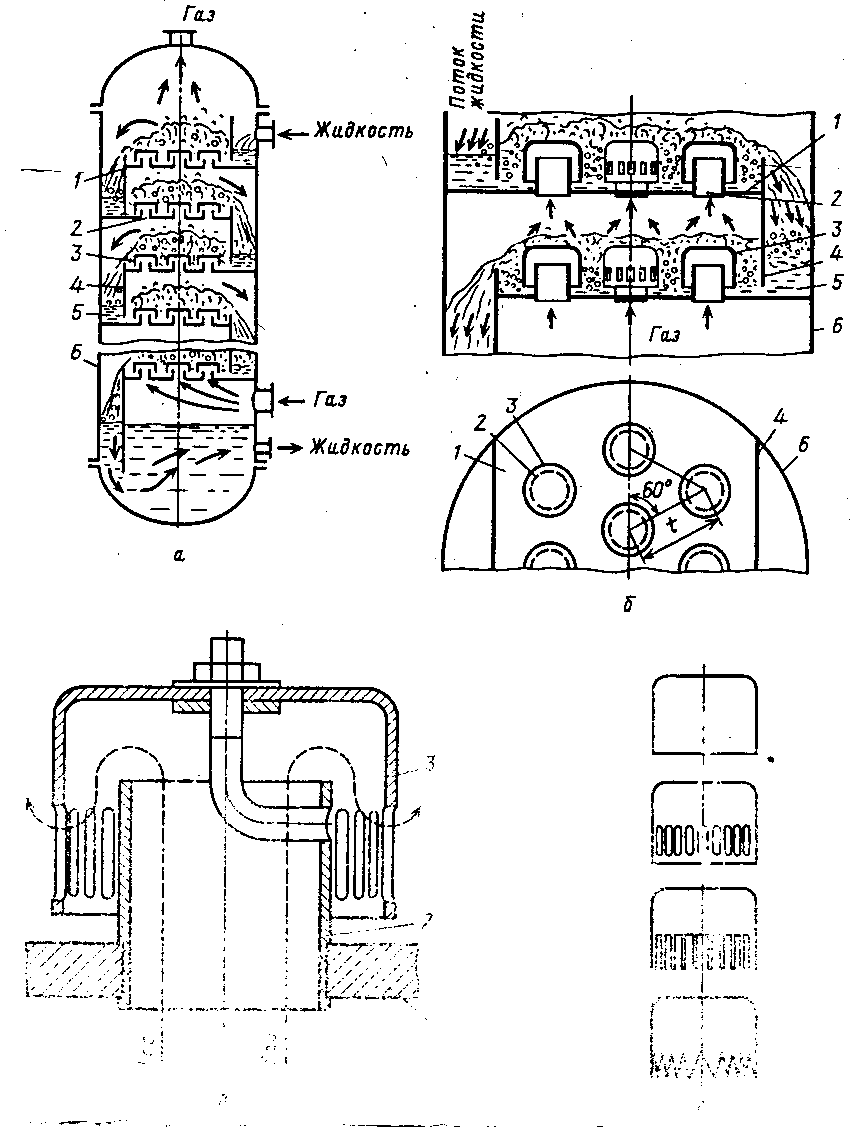


Рис. 15. Устройство колонны и колпачковых тарелок с капсульными колпачками:

а – колонна с тарелками; б – две соседние тарелки; в – капсульный колпачок; г – формы касульных колпачков; 1 – тарелки; 2 – круглые колпачки; 4 – переточные перегородки (или трубы) с порогами; 5 – гидравлические затворы; 6 – корпус колонны

**Ситчатые тарелки**. Эти тарелки (рис. 16) имеют большое число отверстий диаметром 2 – 8 мм, через которые проходит газ в слой жидкости на тарелке. Уровень жидкости на тарелке 1 поддерживается переливным устройство 2. При слишком малой скорости газа его давление не может удержать слой жидкости, соответствующий высоте перелива, и жидкость может просачиваться (или «проваливаться») через отверстия тарелки на нижерасположенную тарелку, что приводит к существенному снижению движущей силы процесса абсорбции. Поэтому газ должен двигаться с определенной скоростью и иметь давление, достаточное для того, чтобы преодолеть давление слоя жидкости на тарелке и предотвратить стекание жидкости через отверстия тарелки. Таким образом, ситчатые тарелки обладают более узким диапазоном работы по сравнению с колпачковыми.

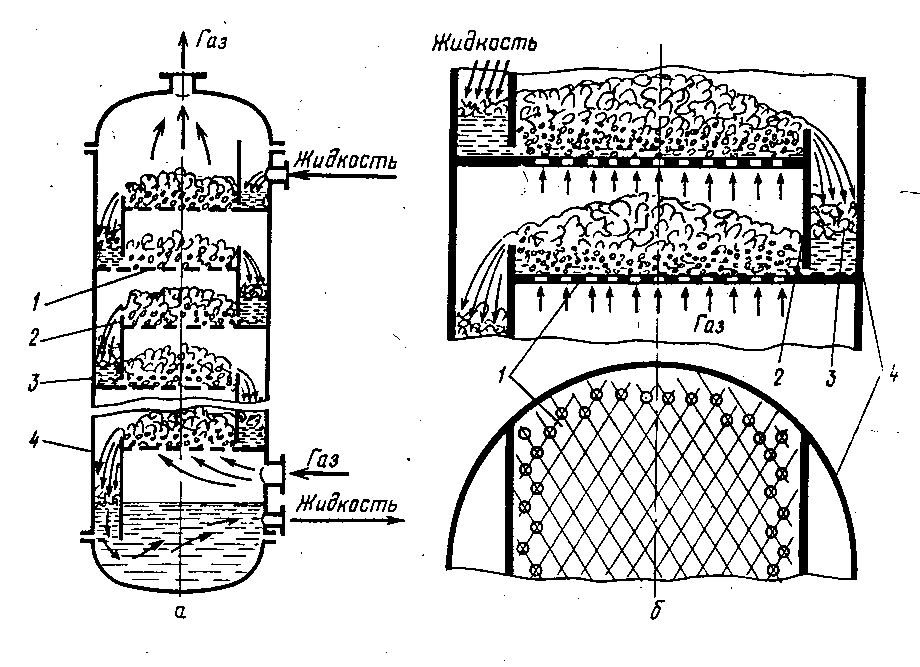


Рис. 16. Устройство колонны с ситчатыми переточными тарелками:

а – колонна с тарелками; б – две соседние тарелки; 1 – тарелки; 2 – переточные перегородки или трубы с порогами; 3 – гидравлические затворы; 4 – корпус колонны

К достоинствам ситчатых тарелок относятся простота их устройства, легкость монтажа и ремонта, сравнительно низкое гидравлическое сопротивление, достаточно высокая эффективность. Однако эти тарелки чувствительны к загрязнениям и осадкам, которые забивают их отверстия. Если происходит внезапное прекращение подачи газа или существенное снижение его давления, то с ситчатых тарелок сливается вся жидкость, и для возобновления нормальной работы аппарата необходимо вновь запускать колонну.

**Клапанные тарелки.** Принцип действия этих тарелок (рис. 17,а) состоит в том, что клапан 2, свободно лежащий над отверстием в тарелке 1, с изменением расхода газа увеличивает подъем и соответственно площадь зазора между клапаном и плоскостью тарелки для прохода газа. Поэтому скорость газа в этом зазоре, а значит и во входе в слой жидкости на тарелке, остается приблизительно постоянной, что обеспечивает неизменно эффективную работу тарелки. Гидравлическое сопротивление тарелки при этом увеличивается незначительно. Высота подъема клапана определяется высотой ограничителя 7 (рис. 17,б) и обычно не превышает 6-8 мм. Диаметр отверстий под клапаном составляет 35-40 мм, а диаметр самого клапана 45-50 мм.

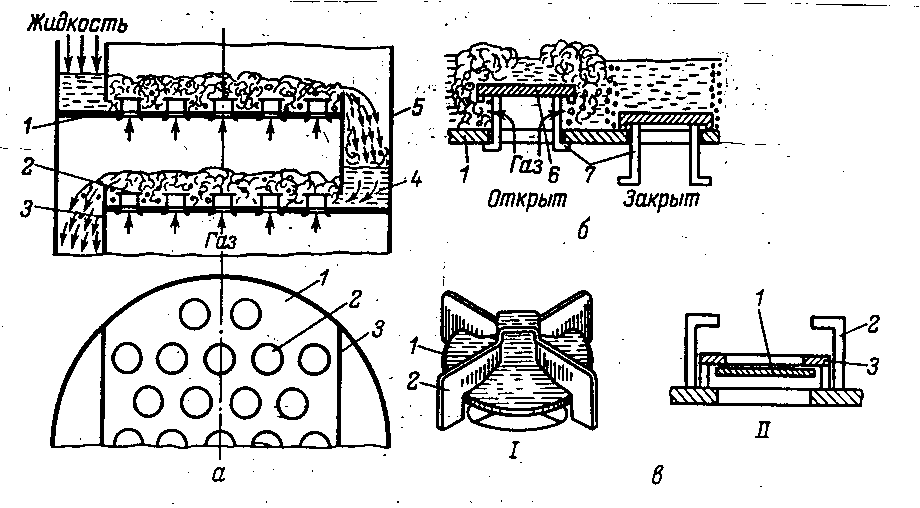


Рис. 18. Устройство клапанных тарелок:

а – две соседние тарелки с круглыми клапанами; б – принцип работы клапана; 1 – тарелка; 2 – клапан; 3 – переточная перегородка с порогом; 4 – гидравлический затвор; 5 – корпус колонны; 6 – диск клапана; 7 – ограничители подъема клапана; в – круглые клапаны с верхним ограничителем (I) и с балластом (II): 1 – дисковый клапан; 2 – ограничитель; 3 – балласт

**Пластинчатые тарелки.** В отличие от рассмотренных выше тарелок эти тарелки работают при однонаправленном движении фаз (рис. 21). На пластинчатой тарелке жидкость, движение которой показано на рисунке сплошными стрелками, поступает с вышележащей тарелки в гидравлический затвор 1 и через переливную перегородку 2 попадает на тарелку 3, состоящую из ряда наклонных пластин 4. Дойдя до первой щели, образованной наклонными пластинами, жидкость встречается с газом (пунктирные стрелки), который с большой скоростью (20 – 30 м/с) проходит сквозь щели. При этом происходит частичное диспергирование жидкости газовым потоком и отбрасывание ее к следующей щели, где процесс взаимодействия фаз повторяется. Поэтому на такой тарелке жидкость с большой скоростью в основном в виде капель движется от переливной перегородки 2  к сливному карману 5. На пластинчатых тарелках нет необходимости в установке переливного порога у кармана 5, что уменьшает их гидравлическое сопротивление.

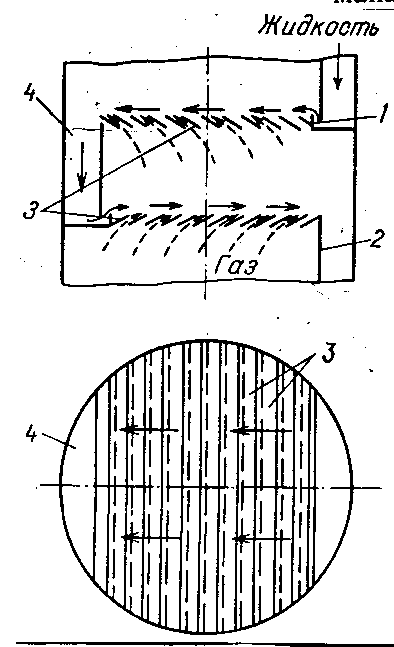


Рис.21. Устройство пластинчатых тарелок:

1 – гидравлический затвор; 2 – переливная перегородка; 3 – пластины; 4 – сливной карман

Таким образом, пластинчатые тарелки работают в иных, чем на рассмотренных выше тарелках, гидродинамических условиях: жидкость на тарелке становится дисперсной фазой, а газ – сплошной. Такой гидродинамический режим может быть назван капельным; он позволяет создавать большие нагрузки по жидкости и газу в колоннах с пластинчатыми тарелками.

К достоинствам пластинчатых тарелок относятся достаточно низкое гидравлическое сопротивление, большие допустимые нагрузки по жидкости и газу, небольшой расход материала на их изготовление. Недостатками пластинчатых тарелок являются сложность подвода и отвода теплоты, невысокая эффективность при низких нагрузках по жидкости и др.

**Гидродинамические режимы работы тарелок**

Основное влияние на эффективность тарелок любых конструкций оказывают гидродинамические условия их  работы. В зависимости от скорости газа различают три основных гидродинамических режима работы тарельчатых аппаратов: пузырьковый, пенный и струйный (или инжекционный).

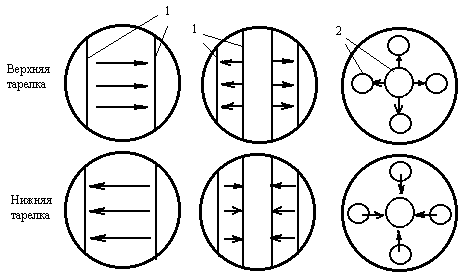
*Пузырьковый* (барботажный) режим возникает при небольших скоростях газа, когда в виде отдельных пузырьков газ движется через слой жидкости. Отметим, что поверхность контакта фаз в этом режиме невелика.

*Пенный* режим возникает при увеличении скорости газа, когда его пузырьки, выходящие из прорезей или отверстий, сливаются в струи, которые вследствие сопротивления барботажного слоя разрушаются (на некотором расстоянии от места истечения) с образованием большого числа мелких пузырьков. При этом на тарелке образуется газожидкостная система – пена, которая является нестабильной и разрушается мгновенно после прекращения подачи газа. Основной поверхностью контакта фаз в такой системе является поверхность пузырьков, а также струй газа и капель жидкости над газожидкостной системой, которые образуются при разрушении пузырьков газа в момент их выхода из барботажного слоя. Поверхность контакта фаз при пенном режиме наибольшая, поэтому пенный режим обычно является наиболее рациональным режимом работы тарельчатых абсорберов.

*Струйный* (инжекционный) режим возникает при дальнейшем увеличении скорости газа, когда увеличивается длина газовых струй и наступает такой режим, при котором они выходят из газожидкостного слоя не разрушаясь, но, образуя значительное количество брызг – вследствие разрушения большого числа пузырьков газа. В этом режиме поверхность контакта фаз существенно меньше, чем в пенном.

Поверхность контакта фаз на тарелке зависит от числа отверстий и прорезей, поскольку чем их больше, тем больше струек газа будет поступать в слой жидкости на тарелке.

Для тарельчатых колонн со сливными устройствами характерна гидродинамическая неравномерность по длине тарелки, которая является следствием гидравлического сопротивления движению жидкости по длине тарелки. Эта неравномерность объясняется тем, что при движении жидкости по тарелке ее уровень повышается (например, из-за наличия колпачков или под действием перпендикулярного потока проходящего через жидкость газа), и по длине пути движения жидкости возникает гидравлический градиент. Такое явление приводит к неравномерному распределению газа по площади тарелки: большая часть газа движется через часть тарелки, прилегающую к сливному порогу, где уровень жидкости ниже, что становится особенно заметным на тарелках больших диаметров, когда величина гидравлического градиента значительна. Для снижения гидравлического градиента в аппаратах большого диаметра (от 1 – 2 м и выше) уменьшают путь прохождения жидкости (рис. 15, б).



                           а                        б                              в

Рис. 15. Некоторые типы сливных устройств тарельчатых колонн:

а – однопоточное устройство со сливными перегородками ; б – двухпоточное устройство со сливными перегородками; в – устройство для радиального направления жидкости с переливными трубами 2

**Колонны с тарелками без сливных устройств. Типы провальных тарелок и гидродинамическое режимы работы провальных тарелок**

В тарелке без сливных устройств (рис. 23) газ и жидкость проходят через одни и те же отверстия или щели. При этом одновременно с взаимодействием фаз на тарелке происходит сток жидкости на нижерасположенную тарелку – «проваливание» жидкости. Поэтому тарелки такого типа часто называют провальными. Конструкции (типы) провальных тарелок представлены на рис. 24.

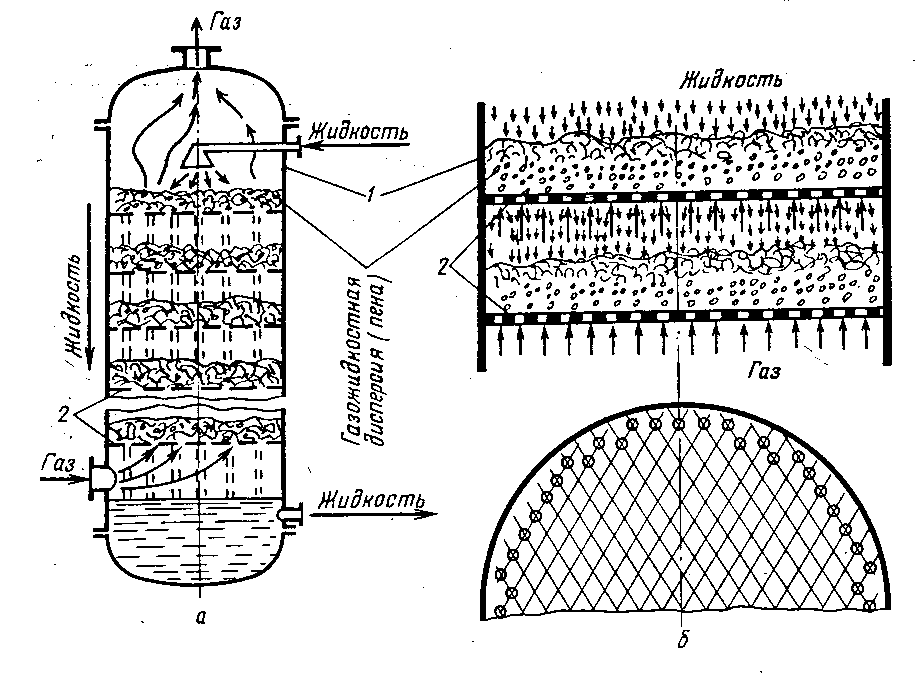


Рис. 23. Устройство колонны и провальных тарелок:

а – колонна с провальными тарелками; б – две соседние дырчатые провальные тарелки (1 – колонна; 2 – тарелки)

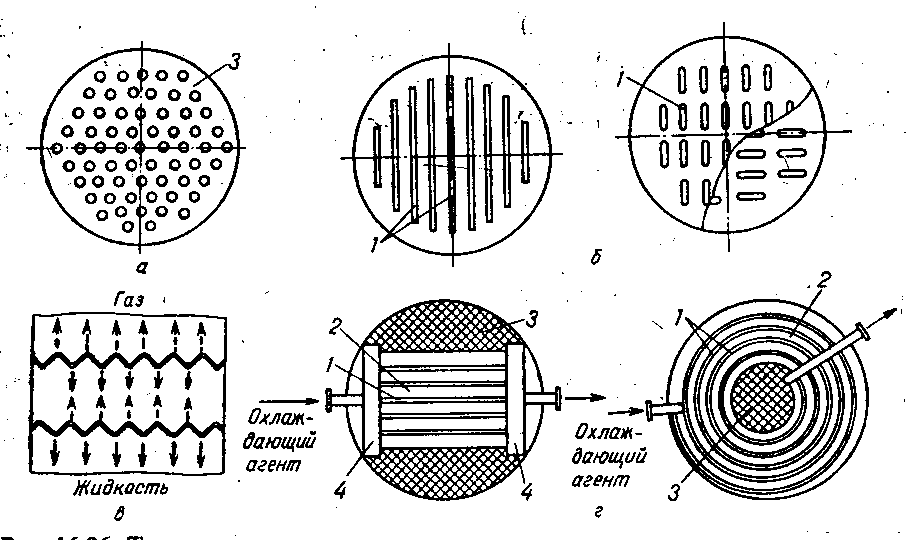


Рис.24. Типы провальных тарелок:

а – дырчатая (в плане); б – решетчатые (в плане); в – волнистая (в продольном сечении); г – трубчатые (в плане); 1 – щели; 2 – трубы; 3 – перфорированный лист; 4 – коллекторы

*Гидродинамические режимы работы* провальных тарелок специфичны тем, что нормальная их работа возможна только после достижения определенной скорости газа (рис. 25). При низких скоростях газа w жидкость на тарелке не задерживается (скорость газа до точки В на рис. 25), так как мала сила трения на поверхности контакта жидкости и газа. При достижении скорости газа, соответствующей точке А, происходит скачкообразное увеличение ΔР, так как на поверхности тарелки появляется слой жидкости, и она вступает в режим работы, который продолжается при скоростях газа до точки С. При этом на тарелке могут возникать рассмотренные выше гидродинамические режимы (образование режимов зависит от ряда факторов – размеров отверстий или щелей в тарелке, расходов жидкости и др.). При скорости газа, соответствующей точке С и выше, может возникнуть перелом на графике зависимости ΔР = f(w), который объясняется резким возрастанием количества жидкости на тарелке, при котором наступает захлебывание тарелки. При небольших расходах жидкости, большом свободном сечении тарелки и большом диаметре отверстия или размере щели гидравлическое сопротивление тарелки увеличивается монотонно, но при этом существенно возрастает брызгоунос.

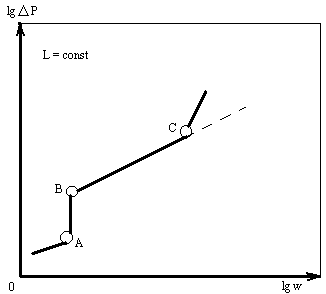


Рис. 25. Зависимость гидравлического сопротивления провальной тарелки от скорости газа в колонне

*Дырчатые тарелки* (см. рис. 24, а) аналогичны по конструкции ситчатым тарелкам, но отличаются от них отсутствием сливных устройств. Диаметр отверстий в этих тарелках обычно 4-10 мм, иногда до 15-20 мм, что позволяет существенно увеличить нагрузки по жидкости и газу при незначительном гидравлическом сопротивлении.

*Решетчатые* тарелки имеют, как правило, выштампованные щели шириной 3-8 мм (см. рис. 24, б).

*Волнистые* тарелки изготовляют гофрированием металлических листов с отверстиями (см. рис. 24,в). В этих тарелках слив жидкости в основном происходит через отверстия в нижних изгибах тарелки, а газ проходит в основном через ее верхние изгибы. Такое устройство провальных тарелок увеличивает интервал их устойчивой работы, однако они сложнее в изготовлении и монтаже, чем дырчатые и решетчатые тарелки.

*Трубчатые* тарелки обычно изготовляют в виде решетки из ряда параллельных труб (см. рис. 24,г), присоединенных к коллектору. Эти тарелки целесообразно применять при необходимости подвода теплоты к жидкости или ее отвода. К недостаткам трубчатых тарелок следует отнести сложность изготовления и монтажа, большой расход металла.

Поскольку дырчатые и решетчатые тарелки просты по устройству и монтажу, обладают низким гидравлическим сопротивлением и другими достоинствами, то они более широко применяются в промышленности по сравнению с другими провальными тарелками.

**1.11. Лекция №11 (2час).**

**Тема: «Источники загрязнения гидросферы»**

***Стратегия и тактика защиты гидросферы***

Основные пути решения проблемы обеспечения чистой водой:

- очистка   сточной воды от загрязнений;

- очистка пресной воды, поступающей  к потребителю;

- обеспечение   режима и регулирование качества воды  в водных объектах.

Выделяют два основных пути очистки сточных вод: разбавление сточных вод и очистка их от загрязнений.

*Разбавление* представляет собой паллиативную меру, которая не ликвидирует воздействие сточных вод, а лишь ослабляет его на локальном участке водоема. Основной путь - очистка сточных вод от загрязнений.

К стратегическим мерам защиты гидросферы относятся: использование технологий с наименьшим потреблением воды; использование безводных технологий.

К тактическим – очистка вод и оборотное водоснабжение.

***Виды и классификация загрязнителей****.* ***Классификация сточных вод***

Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, по составу можно разделить на три категории: производственные, промышленные (использованные в технологическом процессе производства или образующиеся при добыче полезных ископаемых); бытовые (от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющихся на территории промышленных предприятий); атмосферные (дождевые и образующиеся от таяния снега).

Промышленные сточные воды подразделяют на загрязненные, непосредственно контактировавшие с химическими веществами, и на условно чистые, применяемые в основном для целей охлаждения или нагревания теплообменной аппаратуры.

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси; они могут быть загрязнены преимущественно органическими или преимущественно минеральными примесями.

**По концентрации загрязненных веществ** производственные сточные воды можно разделить на четыре группы: содержащие 1—500, 500—5000, 5000—30 000 и более 30 000 мг/л примесей. Производственные сточные воды можно различать также по физическим свойствам, например **по температуре кипения**: кипящие при температуре ниже 120, 120—250 и выше 250° С (в зависимости от свойств содержащихся в них примесей).  **По степени агрессивности**сточные воды разделяют на слабоагрессивные (слабокислые с рН 6— 6,5 и слабощелочные с рН 8—9), сильноагрессивные (сильнокислые с рН < 6 и сильнощелочные с рН > 9) и неагрессивные (с рН 6,5—8).

Примеси, поступающие в водные объекты со сточными водами предприятий, можно подразделить **на** **минеральные, органические, биологические**.

К минеральным загрязнениям относятся песок, глина, зола и шлаки, растворы и эмульсии солей, кислот, щелочей и минеральных масел, другие неорганические соединения. Они ухудшают физико-химические и органолептические свойства воды, отравляют фауну водоемов. Менее опасны минеральные загрязнения без специфического токсического действия — взвешенные частицы песка, глины, других пород, — но и они ухудшают свойства воды и способствуют заилению водоемов.

К органическим загрязнениям относятся смолы, фенолы, красители, спирты, альдегиды, нафтеновые кислоты, серо- и хлорсодержащие органические соединения, различные пестициды, смываемые в водоемы с сельскохозяйственных угодий, синтетические поверхностно-активные вещества и др.

Биологические загрязнения представляют собой болезнетворные бактерии и вирусы, возбудители инфекций, они попадают в водоемы с бытовыми сточными водами, а также со сточными водами некоторых химических производств.

***Задачи и направления защиты гидросферы***

Основные пути решения проблемы обеспечения чистой водой:

- очистка   сточной воды от загрязнений;

- очистка пресной воды, поступающей  к потребителю;

- обеспечение   режима и регулирование качества воды  в водных объектах.

Одна **из основных задач водоохранной деятельности** - не допустить ухудшения состояния окружающего водного бассейна, а также восстанавливать и эксплуатировать загрязненные водоемы.

**1.12. Лекция №12 (2час).**

**Тема: «Методы очистки гидросферы»**

**Процессы и аппараты для механической очистки сточных вод. Усреднители**

Механические методы очистки промышленных сточных вод применяют для выделения нерастворимых минеральных и органических примесей – взвешенных частиц размером более 5 – 10 мкм.

Для обеспечения нормальной работы очистных сооружений усредняют расход сточной воды или концентрации веществ, находящихся в ней. Иногда усреднение осуществляют по двум показателям одновременно. Исключение пиковых расходов воды, поступающей на очистку, позволяет более экономично и надежно проводить процесс.

Усреднение проводят в контактных и проточных усреднителях. **Контактные** усреднители используют при небольших расходах сточной воды, в периодических процессах и для обеспечения высоких степеней выравнивания концентраций. В большинстве случаев применяют **проточные** усреднители, которые представляют собой многокоридорные (многоходовые) резервуары или емкости, снабженные перемешивающими устройствами. Многокоридорные усреднители могут быть прямоугольные и круглые. Усреднение в них достигается смешением струй сточной воды разной концентрации. Усреднение расхода воды достигается также при перекачке ее насосами. В этом случае усреднитель представляет собой простую емкость. Перемешивание жидкости может быть обеспечено и механическими мешалками или барботажем воздуха.

**Процессы и аппараты для механической очистки сточных вод. Решетки.** Решетки применяют для улавливания из сточных вод крупных, нерастворенных, плавающих загрязнений. Попадание таких отходов в последующие очистные сооружения может привести к засорению труб и каналов, поломке движущихся частей оборудования, т.е. к нарушению нормальной работы. Решетки изготовляют из круглых и прямоугольных стержней. Решетки подразделяют на подвижные и неподвижные; с механической или ручной очисткой; устанавливаемые вертикально или наклонно (как при самотечном, так и при напорном поступлении сточных вод).

Решетки, требующие ручной очистки, устанавливают в случае, если количество загрязнений не превышает 0,1 м3/сут. При большем количестве загрязнений устанавливают решетки с механическими граблями. Уловленные на решетках загрязнения измельчают в специальных дробилках и возвращают в поток воды перед решетками. Решетки размещают в отдельных помещениях, снабженных грузоподъемными приспособлениями.

Для удаления механических включений  используют высокоэффективные автоматизированные решетки средней и тонкой очистки.

*Преимущества:*

Повышение эффективности работы очистных сооружений.

Снижение нагрузки на первичные отстойники, песколовки и сооружения биологической очистки.

Улучшение условий эксплуатации механического оборудования очистных сооружений.

 Высокая надежность, коррозионная стойкость, долговечность.

Возможность установки решеток в существующие каналы.

Для задержания и измельчения загрязнений непосредственно в потоке сточной воды без извлечения их на поверхность применяют решетки-дробилки (типа РД).

Кроме комбинированных решеток-дробилок, типа РД промышленность выпускает круглые решетки-дробилки КРД; радиальные – РРД, вертикальные – ВРД. Сточные воды сначала поступают на решетки комплекса очистных сооружений для задержания содержащихся в них крупных примесей. Решетки представляют собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных стержней, поставленных на пути движения сточных вод. Расстояние между стержнями – 16-19 мм. От задержанных отбросов решетки очищают с помощью механизмов. Снятые отбросы по транспортеру отправляют в дробилку, а измельченные подают в канал перед решетками.

Решетки подразделяют на подвижные и неподвижные; с механической или ручной очисткой; устанавливаемые вертикально или наклонно (как при самотечном, так и при напорном поступлении сточных вод).

**Сооружения и аппараты для осаждения примесей из сточных вод. Песколовки (горизонтальные, тангенциальные, аэрируемые).** Эти сооружения предназначены для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей (главным образом песка); обычно улавливаются частицы размером 0,2 – 0,26 мм. Сооружают песколовки из сборных железобетонных элементов стандартных размеров.

Горизонтальные песколовки – это удлиненные прямоугольные в плане сооружения с прямолинейным движением воды (рис. 2).

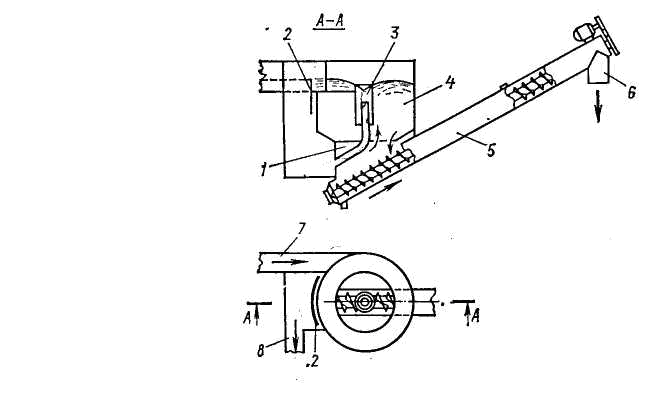


  Рис. 2. Горизонтальная песколовка: 1 – водоподводящий лоток;              2 – гидроэлеватор; 3 – водоотводящий лоток Рис. 4. Тангенциальная песколовка: 1 – осадочная часть;                             2 – подвижный водослив; 3 – телескопическая труба; 4 – рабочая часть;                 5 – шнек; 6 – отвод песка; 7 – подающий лоток; 8 – отводящий лоток Рис. 5. Аэрируемая песколовка с круговым движением воды:        1 – аэрационная зона; 2 – аэратор; 3 – разделительная перегородка;             4 – гидроэлеватор; 5 – подводящий канал; 6 – впускное устройство;             7 – отводящий канал; 8 – перегородка

**Тангенциальные песколовки** диаметр не более 6 м. Вода подводится по касательной. Проточная часть песколовки имеет небольшую глубину. При скорости движения воды в главном лотке 0,6 – 0,8 м/с в песколовке задерживается примерно 90% песка. Осажденный песок удаляют шнеком, гидроэлеватором или смывают водой, подаваемой через трубопровод, расположенный в песковом лотке. Глубину песколовки принимают равной половине диаметра. Аэрируемые песколовки. Эти сооружения применяют в тех случаях, когда требуется наиболее полное разделение примесей по крупности. Воздух способствует вращению воды в песколовке и тем самым повышению эффекта осаждения.

**Сооружения и аппараты для осаждения примесей из сточных вод. Отстойники (горизонтальные, радиальные, вертикальные, тонкослойные, двухъярусные отстойники, отстойники-осветлители).**

Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод, используется для удаления оседающих или всплывающих грубодисперсных веществ. Различают первичные отстойники, которые устанавливают перед сооружениями биологической или физико-химической очистки, и вторичные отстойники – для выделения активного ила или биопленки. В зависимости от направления движения потока воды отстойники подразделяют на горизонтальные, вертикальные и радиальные. К отстойникам относят и осветлители, в которых одновременно с отстаиванием сточная вода фильтруется через слой взвешенного осадка, а также осветлители-перегниватели и двухъярусные отстойники, где одновременно с осветлением воды происходит уплотнение выпавшего осадка. В большинстве случаев эффективность составляет 40–60% при продолжительности отстаивания 1 – 1,5 ч; эффективность работы осветлителей достигает 70%.

*Горизонтальные отстойники* применяют при расходах сточных вод более 15 000 м3/сут.

*Радиальные отстойники* применяют при расходах сточных вод более 20 тыс. м3/сут. Эти отстойники по сравнению с горизонтальными имеют некоторые преимущества: простота и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток – наличие подвижной формы со скребками

*Вертикальные отстойники* применяют на станциях производительностью до 20 тыс. м3/сут. Это круглые в плане резервуары диаметром 4 – 9 м с коническим днищем. Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу с раструбом (рис. 9).

*Тонкослойные отстойники*. Для увеличения эффективности отстаи-вания используют тонкослойные отстойники. Они могут быть вертикаль-ными, радиальными или горизонтальными; состоят из водораспредели-тельной, водосборной и отстойной зон. В таких отстойниках отстойная зона делится трубчатыми или пластинчатыми элементами на ряд слоев небольшой глубины (до 150 мм). При малой глубине отстаивание протекает быстро, что позволяет уменьшить размеры отстойников.

Отстойники-осветлители применяют при повышенном содержании в сточных водах труднооседающих веществ. В результате совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка эффективность очистки достигает 70%.

**Очистка от всплывающих примесей. Нефтеловушки (горизонтальные, многоярусные (тонкослойные), радиальные).**

Производственные сточные воды, содержащие примеси с плотностью меньше плотности воды (всплывающие примеси) – нефть, смолы, масло, жиры и другие им подобные – очищают также отстаиванием в нефтеловушках, смоло- и маслоуловителях.

**Нефтеловушки** сооружают трех типов: горизонтальные, многоярусные и радиальные. Они предназначены для удаления нефти и твердых примесей из сточных вод. Горизонтальные ловушки представляют собой отстойник, разделенный вертикальными стенками на секции. Сточная вода поступает в каждую секцию. Всплывающая нефть скребковым механизмом передвигается к щелевым поворотным трубам и отводится из нефтеловушек. Осадок твердых частиц сгребается в приямок, из которого удаляется гидроэлеватором. Типовые нефтеловушки имеют диаметр 24 и 30 м. Материал – сборный железобетон.

**Многоярусные (тонкослойные) нефтеловушки**  имеют меньшие габариты и более экономичны, чем горизонтальные. Общая длина нефтеловушки на 5-6 м больше длины полочного пространства. Потери напора 0,5 – 0,6 м.

**Радиальные нефтеловушки**. Удаление нефтепродуктов и осадка из таких нефтеловушек полностью механизировано. Сточная вода подается по трубопроводу, расположенному под днищем нефтеловушки. Внутри нефтеловушки  трубопровод заканчивается раструбом. Нефтепродукты удаляются через нефтесборные трубы.

**Гидроциклоны. Напорные и открытые. Факторы, влияющие на эффективность очистки в гидроциклонах.**

Гидроциклоны подразделяют на *напорные* и *открытые*.

При очистке воды напорные гидроциклоны используются для предварительного осветления мутных речных вод, а также в оборотных системах водоснабжения.

Открытые гидроциклоны используются в качестве классификаторов, песколовок на городских станциях аэрации, а также вместо отстойников. В последнем случае эти циклоны применяются при очистке вод прокатных производств от окалины и масел для задержания крупных частиц взвешенных частиц. Эффективность работы  гидроциклонов и выбор оптимальной конструкции аппарата и режима его работы в основном определяются седиментационными свойствами механических примесей, содержащихся в обрабатываемой воде. На эффективность гидроциклона влияет ряд факторов, которые необходимо учитывать при выборе типа аппарата, его размеров и определения оптимального режима эксплуатации. Эти факторы можно разделить на две группы. К первой относятся факторы, которые формируют гидродинамический режим аппарата и интенсивность центробежного поля в циклоне. Они зависят от конструктивных особенностей гидроциклона, размеров его основных элементов и соотношений между ними. В первую очередь имеют значение диаметр корпуса аппарата и конструкции впускных и сливных устройств. Ко второй группе относятся факторы, обусловленные свойствами осветляемой жидкости: концентрацией ГДП, их гранулометрическим составом и плотностью, которые определяют гидравлическую крупность частиц, вязкостью жидкости, а также расходом сточных вод, который необходимо обрабатывать на гидроциклонах. Напорные гидроциклоны представляют собой аппараты, состоящие из цилиндрической и конической частей. Сточная вода под давлением поступает по тангенциально расположенному вводу в верхнюю часть цилиндра и приобретает вращательное движение. Возникающие центробежные силы перемещают частицы примесей к стенкам аппарата по спиральной траектории вниз к выходному патрубку. Очищенная вода удаляется через верхний патрубок.

Открытые гидроциклоны применяют для выделения из сточных вод тяжелых примесей, характеризуемых гидравлической крупностью 20 мм/с и более. Часто их используют в качестве первой ступени в комплексе с другими аппаратами для механической очистки сточных вод. Значительным преимуществом открытых гидроциклонов является большая удельная производительность [2— 20 м3/(м -ч)] при небольших потерях напора (не более 0,5 м). Число впускных патрубков в гидроциклоне для более равномерного распределения потока должно быть не менее двух. Скорость впуска воды равна 0,1—0,5 м/с.

**Очистка от всплывающих примесей. Фильтрационные установки.**

Фильтрационные установки применяют для извлечения из сточных вод тонкодиспергированных веществ, масел, нефтепродуктов, смол и др.  Для этой цели наиболее широко используют сетчатые фильтры и скорые фильтры с зернистой перегородкой. Однослойные фильтры с нисходящим потоком воды (без коагуляции или с коагуляцией) предназначены для задерживания мелкодисперсных частиц, выносимых из отстойников или осветлителей. Важной стадией осветления воды является ее фильтрование. При фильтровании вода проходит через пористую среду, образованную слоем фильтрующего материала. Существует большое разнообразие фильтров, различающихся:

1) видом фильтрующегося материала;

2) скоростью фильтрования;

3) механизмом задержания взвешенных частиц;

4) конструктивным оформлением. 1

Фильтры по виду фильтрующей среды делятся на:

- зернистые - песок, антрацит, керамзит;

- сетчатые – сетки с ячейками различных размеров;

- каркасные или намывные – диатомитовые;

- с плавающей загрузкой – гранулы вспененного пенополистирола

По скорости фильтрования различают:

- медленные фильтры ( 0,3 м/ч (открытые);

- скорые =2…15 м/ч (открытые и напорные);

- сверхскорые (25 м/ч (напорные).

По характеру механизма задержания взвеси различают:

- Фильтрование без образования фильтрующей пленки. В этом случае задержание частиц, загрязняющих воду, происходит в толще слоя фильтрующего материала. Там они прилипают к зернам материала и удержи

- Фильтрование через фильтрующую пленку, образованную частицами взвеси, оседающими на поверхности загрузки. Этот механизм характерен для медленных фильтров, в которых вначале задерживаются только частицы, имеющие размеры больше размеров пор фильтрующего материала. По мере задержания частиц размеры пор в слое осадка уменьшаются, и он задерживает все более мелкую взвесь. Процесс фильтрования зависит от многих технологических параметров и в первую очередь — от свойств зернистого слоя,В процессе фильтрования происходит накопление загрязнений в слое загрузки. В какой-то момент наблюдается вынос частиц в фильтрат с ухудшением его качества. Продолжительность работы фильтра до проскока частиц в фильтрат называют временем защитного действия загрузки. По мере загрязнения фильтрирующего слоя уменьшается его порозность и увеличивается сопротивление при прохождении через него сточной воды, т. е. растет потерянный напор.

**Очистка от всплывающих примесей. Сетчатые фильтры.**

Очистка от всплывающих примесей. Производственные сточные воды, содержащие примеси с плотностью меньше плотности воды (всплывающие примеси) – нефть, смолы, масло, жиры и другие им подобные – очищают также отстаиванием в нефтеловушках, смоло- и маслоуловителях.

Фильтрационные установки применяют для извлечения из сточных вод тонкодиспергированных веществ, масел, нефтепродуктов, смол и др. Для этой цели наиболее широко используют сетчатые фильтры и скорые фильтры с зернистой перегородкой. Фильтры сетчатые представляют собой приспособление для улавливания и фильтрации включенных механических частиц в жидкости. Основное предназначение состоит в первичном поверхностном очищении воды, а не в глубокой питьевой очистке.  В качестве очищающего элемента всегда применяется сетка, размер ячеек которой составляет примерно от 20 до 500 мкм. Частота ячеек в сетке выбирается индивидуально – в зависимости от качества и степени загрязнения среды. Корпус состоит, как правило, из пластика, – это делается для того, чтобы можно было сразу определить степень загрязнения сетки-фильтра. Если предполагается эксплуатация фильтра при повышенной температуре в горячей воде, то фильтр надо выбирать специальный – не из пластика, а из металла.   Фильтры сетчатые делятся на следующие подтипы: фильтр тонкой и грубой очистки

**Очистка от всплывающих примесей. Скорые фильтры с зернистой перегородкой**.

Фильтр с зернистой перегородкой представляет собой резервуар, в нижней части которого имеется дренажное устройство для отвода воды. На дренаж укладывают слой поддерживающего материала, а затем фильтрующий материал. Для скорых фильтров используют открытые (самотечные) или закрытые  (напорные) резервуары с восходящим (снизу вверх) или нисходящим (сверху вниз) потоком.

Грязеемкость (количество загрязнений в кг, удаляемых с 1 м2 поверхности фильтрующего слоя в единицу времени) фильтров с восходящим потоком больше, чем с нисходящим.

В фильтрах с восходящим потоком наблюдаются: заиливание дренажного устройства, коррозия труб и зарастание их карбонатами, поэтому чаще используются фильтры с нисходящим потоком.

Загрузка фильтров может быть однослойной и многослойной. Многослойные фильтры загружают однородным материалом с разной крупностью частиц либо разнородными материалами.    В процессе работы фильтров оседающие или прилипающие частицы сокращают размеры пор фильтрующего материала. Следовательно, увеличивается скорость движения воды через поры, что приводит к увеличению потерь напора в фильтрующем слое. Потери напора могут возрастать до тех пор, пока через определенный промежуток времени они не превысят величину максимального (обычно 3 м) располагаемого напора перед фильтром, после чего фильтр должен очищаться.

Кроме того, из-за увеличения скорости движение воды в порах начинается частичный вынос ранее осевших частиц взвеси, и качество фильтрата осветленной воды ухудшается. Через определенный промежуток времени работы фильтров (3 качество осветленной воды становится ниже требуемых по нормам, и фильтр также должен очищаться.

**Очистка от всплывающих примесей. Напорные фильтры**.

Напорные фильтры представляют собой стальные вертикальные или горизонтальные резервуары, загруженные кварцевым песком слоем 1 м и работающие под давлением 0,6 МПа (рис.1). Скорость фильтрации        5 – 12 м/ч.

Более эффективно работают многослойные фильтры. Грязеемкость многослойных фильтров в 2 – 3 раза больше, чем однослойных. Конструкция двухслойного фильтра показана на рис. 2.

Фильтры с плавающей загрузкой из полистирола могут быть однослойными и двухслойными, а также встроенными в первичные или вторичные отстойники. Скорость фильтрации в таких фильтрах 0,6 – 2 м/ч. Для регенерации зернистых фильтрующих материалов проводится интенсивная водовоздушная промывка.

Процесс фильтрования зависит от многих технологических параметров, и в первую очередь от свойств зернистого слоя, свойств фильтрационной среды и примесей, от гидродинамического режима фильтрования.

Важнейшими характеристиками пористой среды являются порозность и удельная поверхность.

**Очистка от всплывающих примесей. Многослойные фильтры**.

Загрузка фильтров может быть однослойной и многослойной. Многослойные фильтры загружают однородным материалом с разной крупностью частиц либо разнородными материалами.

Более эффективно работают многослойные фильтры. Грязеемкость многослойных фильтров в 2 – 3 раза больше, чем однослойных.

Работа многослойного фильтра основана на фильтрации загрязнителей на поверхности пористых материалов различной структуры, размеров и механизмов взаимодействия с содержащимися в исходной воде загрязнителями. Фильтр состоит из 4 - 8 различных слоев фильтрующей массы и является эффективным средством очистки при небольшой себестоимости и минимальных трудозатратах. Ориентировочное суммарное время регенерационной промывки многослойного фильтра составляет не более одного часа в неделю.

**Очистка от всплывающих примесей. Фильтры «Полимер».**

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов разработаны фильтры «Полимер» с пенополиуретановой загрузкой. Материал обладает высокой пористостью, механической и химической прочностью и большой поглотительной способностью. Направление движения воды в фильтре – сверху вниз. Регенерация фильтрующего материала достигается механическим отжимом из него уловленных нефтепродуктов

**Введение в мембранные процессы. Определение мембраны**

**Мембрана –** это селективный барьер между двумя фазами, причем термин «селективный» может относиться как к мембранам, так и к мембранным процессам. Мембрана может быть толстой или тонкой, ее структура может быть гомогенной или гетерогенной, транспорт может быть активным или пассивным, пассивный транспорт может быть управляем с помощью давления, концентрации или разности температур, мембраны могут быть природные или синтетические, нейтральные или заряженные.

Для более четкого понимания могут быть полезны два типа классификации. Согласно одному из них все мыслимые или существующие мембраны разделяются на два больших класса – природные (биологические) и синтетические мембраны.

**Мембранные процессы. Микрофильтрация**. Движущей силой процесса микрофильтрация является разность давлений. Микрофильтрация является методом отделения жидкой фазы растворов от микроорганизмов, взвешенных частиц и коллоидов путем фильтрации через полупроницаемые перегородки. Для микрофильтрации применяют мембраны полимерные с размером пор от 0,2 до 0,8 мкм. Фильтрация заключается в задержании на поверхности мембран частиц размером, превышающим диаметр пор. Эти частицы образуют постоянно растущий слой, повышающий сопротивление потоку жидкости и снижающий производительность процесса.

**Способы обеззараживания воды.** Завершающим этапом подготовки воды для питьевых целей является ее обеззараживание, которое может быть осуществлено с помощью хлорирования, озонирования, бактерицидного облучения и других способов. В современной практике очистки воды *наиболее широкое распространение получило хлорирование.*

На водопроводных очистных станциях для хлорирования используют жидкий хлор, а на станциях небольшой производительности – хлорную известь.

В последние годы для обеззараживания все чаще стали использовать *озонирование.* Озон весьма эффективен, но быстро разлагается. Несомненным достоинством озонирования является снижение запахов и привкусов, а также цветности воды. Средняя доза озона составляет 1 мг/л.

Озонированиедля обеззараживания сточных вод целесообразно применять при высоком содержании остаточного хлора, при наличии в воде таких веществ, как паратион, карбофос и др., а также патогенных вирусов и споровых форм бактерий.

Упрощенная схема получения озона включает забор воздуха через фильтр, охлаждение и осушку воздуха и поступление его в озонатор, где в результате воздействия электрического разряда в воздухе образуется озон.

Введение озона в воду осуществляют в специальных смесителях, куда озон подается через распределительную систему, выполненную, например, в виде пористых труб. Наилучший эффект получается при контактировании озона с водой в виде мельчайших пузырьков. Использование смесителей совершенных конструкций позволяет создать наибольшую удельную поверхность раздела фаз «газ – жидкость».

В некоторых случаях для уничтожения микроорганизмов воду обрабатывают *ультрафиолетовыми лучами*. Вода, подвергаемая облучению, должна быть максимально прозрачной для ультрафиолетовых лучей.

Давно известен способ обеззараживания воды *с использованием соединений серебра*, Бактерицидное действие серебра проявляется при концентрации более 0,04 мг/л, а при концентрации 0,1…0,3 мг/л кишечная палочка отмирает в течение часа. При повышении температуры бактерицидное действие возрастает. Преимущество серебра перед остальными обеззараживающими реагентами состоит в более длительном бактерицидном действии.

 Современные технологии очистки воды, наряду с рассмотренными стадиями, предусматривают многократное обеззараживание и доочистку на фильтрах с гранулированным активированным углем (*озоносорбционная технология*), что позволяет улучшить качество питьевой воды, особенно в весенний период года.

Для доочистки воды в бытовых условиях применяются фильтры различных конструкций, из которых наибольшее распространение получили *фильтры типа «кувшин».* Это фильтры наливного типа, в которых основным элементом является фильтрующий элемент – картридж. Основу фильтрующей загрузки картриджа составляет в большинстве случаев активированный уголь. В отечественных бытовых фильтрах в качестве адсорбента чаще всего используют активированный уголь марки АГ-8С, на поверхности гранул которого имеются ионы серебра, что уменьшает вероятность проскока живых микроорганизмов, в том числе термотолерантных полиформных и общих полиформных бактерий.

**Ультрафильтрация. Обратный осмос. Пьезодиализ. Диализ. Осмос. Электродиализ**.

**Пьезодиализ.** В этом процессе ионные растворенные вещества проникают через мембрану в противоположность обратному осмосу быстрее, чем растворитель, которым обычно является вода. Для осуществления этого процесса должны использоваться так называемые мозаичные мембраны. К ним относятся ионообменные мембраны, имеющие как катионообменные, так и анионообменные.

**Электродиализ –** это мембранный процесс, в котором движущая сила ионного транспорта поддерживается разностью электрических потенциалов. Этот процесс может быть использован только тогда, когда присутствуют заряженные молекулы. Типичной (и логически обоснованной) характерной чертой этого процесса является необходимость использования ионизированных или заряженных мембран.

**Первапорация** – это мембранный процесс, в котором существует фазовый переход от жидкости в сырьевой фазе к пару в пермеате. Это означает, что в аппарат должно подводиться тепло, по крайней мере равное теплоте испарения проникающего продукта. Первапорация в основном используется для обезвоживания органических смесей.

Когда движущей силой служит разность концентраций с разных сторон гомогенной мембраны, этот процесс называется **диализом.** Наиболее важное применение диализа – в области медицины для лечения пациентов с почечной недостаточностью. Перенос осуществляется с помощью диффузии, а разделение достигается благодаря различной скорости диффузии из-за различия молекулярных масс.

**Ультрафильтрация** - продавливание жидкости через полупроницаемую мембрану — проницаемую для малых молекул и ионов, но непроницаемую для макромолекул и коллоидных частиц.

**О́смос**— процесс односторонней диффузии через полупроницаемую мембрану молекул растворителя в сторону бо́льшей концентрации растворённого вещества (меньшей концентрации растворителя).

**Обратный осмос**  — прохождение воды или других растворителей через полупроницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор в результате воздействия давления, превышающего разницу осмотических давлений обоих растворов.

**Флотация. Флотационные установки**

В химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности флотацию применяют для выделения из жидкостей нерастворимых мелкодисперсных примесей (твердых или жидких), которые самопроизвольно плохо отстаиваются. В горной промышленности процесс флотации используют для обогащения руд. Одно из важнейших применений флотации – очистка сточных вод от эмульгированных и взвешенных веществ.

Процесс флотации заключается в образовании комплексов частицы–пузырьки, всплывании этих комплексов и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности жидкости.

Различные способы флотации отличаются конструкцией установок и способом разделения жидкой и вплывающей фаз.

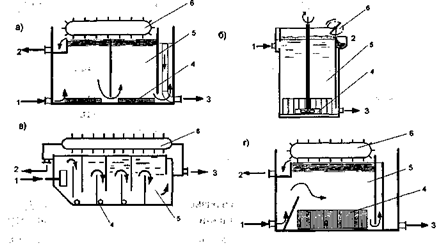


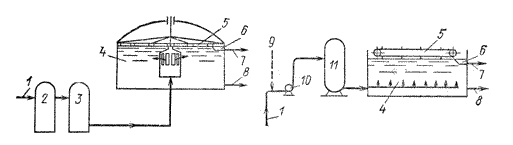
Рис.5. Виды флотаторов а – барботажный; б – импеллерный; в – компрессионный; г – электрохимический; 1,3 – подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 – отведение флотошлама; 4 – система получения газовой дисперсии; 5 – камера флотации; 6 – пеносъемное устройств

Наибольшее распространение получила напорная флотация, при которой часть поступающих на очистку сточных вод насыщают воздухом под давлением. После сброса давления растворенный воздух выделяется из сточных вод и образует пузырьки. Рабочее давление в напорной емкости обычно 0,3 – 0,5 МПа, длительность пребывания 1 – 2 мин.

Метод напорной флотации заключается в насыщении сточной воды воздухом под избыточным давлением и последующим резким снижением давления до атмосферного, выделяемые при этом пузырьки флотируют частички загрязнения на поверхность воды.

При флотации с механическим диспергированием воздуха в воде, создается интенсивное вихревое движение под действием которого струя распадается на отдельные пузырьки.

Пневматические флотационные установки применяются при очистке сточных вод, содержащих растворенные примеси, агрессивные к механизмам: насосам, мешалкам и др. Флотация с подачей воздуха через пористые материалы отличается простотой аппаратурного оформления процесса и малыми энергозатратами. Воздух во флотационные камеры подается через мелкопористые фильтросные пластины, в трубы, насадки, уложенные на дне полимеры.



Существует несколько методов флотации, различающихся в основном способом диспергирования воздуха в воде.                А)                                                            В) Схема процесса флотации с выделением воздуха из раствора (А- вакуумной и В -напорной).

1 - подача сточной воды; 2 - аэратор; 3- деаэратор; 4 - флотационная камера; 5- механизм сгребания пены; 6 - пеносборник; 7,8 - отвод соответственно пены и отработанной сточной воды; 9 - подача воздуха; 10 - насос; 11 - напорный бак (сатуратор).

В соответствии со способами получения пузырьков воздуха (или любого другого газа) в жидкости различают следующие способы флотации:

1) пневматическая – флотация пузырьками, образующимися при пропускании сжатого газа через пористые барботеры;

2) механическая – флотация пузырьками, образующимися при диспергировании вводимого газа механическими перемешивающими устройствами;

3) флотация с выделением газа из раствора (вакуумная или напорная) – флотация пузырьками, выделяющимися из пересыщенных растворов газов в воде соответственно при разрежении или атмосферном давлении;

4) электрофлотация – флотация пузырьками, образующимися при электролизе воды.

Выделяемые флотацией частицы могут быть твердыми образованиями или каплями жидкости.

**Установка электрохимической очистки сточных вод. Электрофильтры**.

Электростатическая очистка газов основана на электризации пыли и выделения ее из газа под действием электрического поля.

При пропускании запыленного газового потока через сильное электрическое поле частицы пыли получают электрический заряд и ускорение, заставляющее их двигаться вдоль силовых линий поля с последующим осаждением на электродах.

Вследствие того, что силы, вызывающие осаждение частиц пыли, приложены в этом случае только к этим частицам, а не ко всему потоку газа, расход энергии при электрической очистке значительно ниже, чем для большинства других пылеулавливающих аппаратов. Этот способ пригоден для улавливания пыли из самых разнообразных аэрозолей и туманов. Он позволяет очищать большие объемы газов в химической, металлургической, газовой и других отраслях промышленности. Особенно широко электростатическую очистку применяют для улавливания летучей золы из дымовых газов электростанций.

В аппаратах электростатической очистки запыленный газ пропускают через электрическое поле высокого напряжения, где он под действием поля ионизируется, т.е. часть молекул газа расщепляется на электроны и положительные ионы. В электрофильтрах применяют трубчатые (провод в цилиндрической трубе) и пластинчатые (провод между пластинками) электроды. Образующиеся отрицательно заряженные ионы, встречая на своем пути частицы пыли, отдают им свой заряд, пылинки начинают притягиваться к заземленным электродам и осаждаются на них.

Корпус электрофильтра выполняют из листовой стали, бетона, кирпича и других материалов в зависимости от температуры и агрессивности газов. При необходимости корпус футеруют или снабжают наружной теплоизоляцией.

Корпус может быть прямоугольным и цилиндрическим.

В нем размещены коронирующие и осадительные электроды и собирается уловленная пыль.

Подвод газов к электрофильтру и отвод из него должны обеспечивать равномерное распределение газов в аппарате. Сечение подводящих и отводящих газопроводов определяют, исходя из скорости газа около 20 м/с, обеспечивающей отсутствие осаждения пыли в газопроводе. При присоединении газопроводов к электрофильтру устанавливают диффузоры и конфузоры, необходимые для осуществления плавного перехода от скорости газа в газопроводе к значительно более низкой скорости газа в электрофильтре. При многосекционных электрофильтрах конструкция газопроводов должна позволять отключать отдельные секции.

На входе газов в электрофильтр устанавливают специальные устройства, выравнивающие скорости газа в сечении электрофильтра: направляющие аппараты, распределительные решетки.

Оборудование для электростатической очистки газов подразделяют на сухие и мокрые электрофильтры

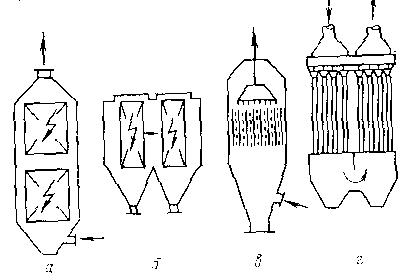


Рис. 3. Электрофильтры: а, г – двупольные вертикальные электрофильтры; б - многопольный горизонтальный  электрофильтр; в – однопольный вертикальный электрофильтр

Различные конструкции электрофильтров (рис. 3) отличаются направлением хода газов (вертикальные, горизонтальные), формой отдельных электродов (пластинчатые, С-образные, трубчатые, шестигранные), формой коронирующих  электродов (игольчатые, круглого или штыкового сечения), числом параллельно работающих секций (одно- и многосекционные). Электрофильтры подразделяются на сухие и мокрые.

**Сухие электрофильтры**. Унифицированные сухие электрофильтры типа УГ рассчитаны на работу при температуре до 250 °С и давлении внутри корпуса не более 500 Па или разрежении 3500 Па. Их используют для очистки дымовых газов после котлов тепловых электростанций, вращающихся печей и сырьевых мельниц цементных заводов.

Унифицированные электрофильтры типа ОГП предназначены для очистки газов от пыли при температуре до 425 °С на предприятиях химической промышленности, цветной металлургии (огарковой пыли), нефтехимии (пыли катализаторов) и других отраслей.

Электрофильтры типа СГ используются для улавливания технического углерода (сажи) из взрывоопасной сажегазовой смеси, выходящей из реакторов и печей, а также для улавливания пылевидного катализатора крекинга нефти. Во избежание подсоса воздуха электрофильтры должны работать под избыточным давлением не более 150 Па.

Унифицированные электрофильтры типа УВ вертикальные, сухие, пластинчатые рассчитаны на работу при температуре до 250 °С и предназначены для очистки дымовых газов и аспирационного воздуха в различных отраслях промышленности. Очищаемый газ должен иметь небольшую запыленность. Скорость газа в активном сечении этих электрофильтров не должна превышать 1 м/с. Электрофильтры типа УВВ – унифицированные вертикальные взрывобезопасные, пластинчатые сухие предназначены для улавливания из газов угольной пыли при температуре до 130 °С.

**Мокрые электрофильтры**. Электрофильтры типа С предназначены для очистки от смолы, масляных туманов и пыли генераторных и коксохимических газов. Они рассчитаны на работу при температуре до 50 °С и давлении до 40 кПа или разрежении до 5 кПа.

Электрофильтр ПГ-8 предназначен для очистки от пыли и смолы газов, образующихся при газификации углей; для очистки газов, используемых в газовых турбинах, для синтез аммиака, спиртов, обогрева коксовых печей и других целей. Электрофильтр по конструкции аналогичен электрофильтрам типа С. активное сечение его составляет 8 м2. Электрофильтр оборудован устройством, через которое продувают пар или газ для удаления взрывоопасных газовых смесей при пуске и остановке.

Электрофильтр типа ШМК (шестигранный мокрый кислотный) применяют для очистки газов от серной кислоты, селена и мышьяка.

Электрофильтр СПМ-8. Осадительные электроды изготовлены из стальных пластин. Для удаления с поверхности электродов уловленных продуктов предусмотрены системы непрерывной и периодической промывки водой. Электрофильтр предназначен для очистки от технического углерода и смол технологических газов в производстве ацетилена.

*Электрофлотационные установки*

**Флотация** – процесс, основанный на смачивании или несмачивании к-л вещества. Воздух и ультразвук увеличивают эффективность процессов смачивания или несмачивания.

В электрофлотационных установках для проведения процесса флотации используют газообразные продукты – водород и кислород, выделяющиеся на электродах при электролизе обрабатываемой воды. На катоде происходит разряд молекул воды с образованием водорода:

   2Н2О + 2е            Н2 + 2НО-    (1)

На аноде процесс окисления сопровождается выделением кислорода:

2Н2О           О2 + 4Н+ + 2е    (2)

Рис. 7.2. Электрофлотаторы: а – с противоточным движением воды и газов; 1 – механизм для удаления пены; 2 и 5 – перфорированные трубы для подачи и вывода воды; 3 – сборник пены; 4 – электроды; б – с горизонтально направленным потоком воды; 1 и 3 – приемная и выпускная камеры;  2 – рабочие камеры; в – смешанное направление потоков в многокамерном аппарате; 1 – приемная и выпускная камеры; 2 – рабочие камеры; 3 – анод;            4 – катод; 5 – токоподводящие шины; 6 – сепаратор

Размер пузырьков газа определяется природой и формой электродов, а также условиями проведения электролиза (плотностью тока, температурой и др.). Принципиально электролиз позволяет получить заранее заданное распределение пузырьков газа по размерам. Электролитическое диспергирование газа обеспечивает также получение наиболее высокодисперсной газовой фазы, что позволяет использовать электрофлотаторы для очистки воды от устойчивых коллоидных загрязнителей.

Электрофлотационные установки разделяют по направлению движения воды и флотирующих газов в них на противоточные (рис. 7.2а) и прямоточные (рис. 7.2б) с горизонтальным или вертикальным расположением электродов. Электрофлотационные аппараты имеют одну или несколько камер. Многокамерный электрофлотатор состоит обычно из успокоителя, электродных камер и флотоотстойника. Сточная вода поступает в приемную камеру (рис. 7.2б), отделенную от основной части перегородкой. Электродный блок представляет собой набор катодов и анодов. Проходя через электроды, вода насыщается газообразными продуктами реакции, что приводит к всплыванию частиц. Электроды выполняют в виде пластин, однако чаще применяют их в виде проволочной сетки из меди или нержавеющей стали. Размер пузырьков газа, покидающих электроды, зависят от величины краевого угла смачивания и кривизны поверхности электродов, поэтому, изменяя диаметр проволоки, удается регулировать дисперсность газовой фазы. Оптимального распределения по размерам газовых пузырьков, а также газонаполнения достигают варьированием плотности тока на электродах.

При горизонтальном расположении электродов во флотационной камере на них могут оседать твердые частицы, которые нарушают нормальную работу аппарата.

Недостатком рассмотренных конструкций является возможность образования в процессе электролиза взрывоопасной смеси газов – 2/3 водорода и 1/3 кислорода. Известны конструкции флотаторов, в которых анодное пространство отделяется от катодного диафрагмой, препятствующей смешению газов. В качестве материала для диафрагмы используют хлорированные или асбестовые ткани, которые пропитывают смолами для уменьшения их пористости.

**Установки электрокоагуляции**. Стандартные или типовые конструкции аппаратов для электрокоагуляции отсутствуют. Существуют, однако, определенно сложившиеся схемы конструктивного оформления электрокоагуляторов.

Электрокоагулятор обычно представляет собой корпус прямоугольной или цилиндрической формы, в который помещают электродную систему – ряд электродов. Обрабатываемая вода протекает между электродами. По форме и расположению электродов электрокоагуляторы разделяют на аппараты с плоскими и цилиндрическими электродами, расположенными обычно вертикально, хотя известны конструкции и с горизонтальными плоскими электродами. Предпочтительно вертикальное положение электродов, что объясняется большей жесткостью конструкции и неизменностью размеров  электродной системы, а также лучшими условиями удаления выделяющихся газов и протекания процесса флотации.

В зависимости от характера движения обрабатываемой воды электрокоагуляторы можно разделить на однопоточные, многопоточные с горизонтальным или вертикальным движением воды.

При вертикальном направлении движения воды электрокоагуляторы могут быть противоточные (подача воды сверху, т.е. в направлении, противоположном движению пузырьков газа, которые обеспечивают флотацию) и прямоточные (подача воды снизу).

Электрокоагуляторы снабжают вытяжным вентиляционным устройством для удаления газов, механическими устройствами для удаления флотируемых продуктов с поверхности очищаемой воды и осадка из нижней части аппарата, а также устройствами для очистки поверхности электродов и межэлектродного пространства.

Степень использования металла электродов (50 – 90%) зависит от конструкции коагулятора, материала анода и состава очищаемой воды.

Как правило, электрокоагулятор служит только для образования гидроксидов металлов и агрегации частиц; процесс разделения фаз проводят в других аппаратах: отстойниках, гидроциклонах и др. Есть конструкции, в которых эти процессы совмещены и протекают в одной камере.

Аппарат имеет герметичный прямоугольный корпус с гуммированной внутренней поверхностью. Блок электродов представляет собой набор чередующихся анодов и катодов (нержавеющая сталь). Подача воды осуществляется в нижнюю часть аппарата через перфорированную трубу, что позволяет равномерно распределять суспензию по длине аппарата. Содержащиеся в воде мелкодисперсные примеси после коагуляции оседают на дно аппарата, откуда непрерывно удаляются лопастным шнеком. Форма лопастей имеет Г-образное сечение, что обеспечивает захват осадка и части жидкой массы, не взмучивая осевший полимер.

Для очистки поверхности электродов от полимерных продуктов между каждой парой электродов установлен скребок 5, который перемещается при вращении вала. Шнек и скребки имеют общий привод, и их работа согласована. Верхняя часть шнека поднята выше уровня воды в аппарате, так что через разгрузочный патрубок шнека вода не выливается.

Разработаны конструкции электрокоагуляторов, позволяющих использовать в качестве анодов отходы металла. Аноды в таких аппаратах представляют собой вертикально расположенные перфорированные кассеты из полимерного материала (полипропилена). В качестве отходов металла используют, в частности, металлическую стружку, которую добавляют в кассеты по мере ее расходования. Анод, работающий в таком режиме, называют насыпным электродом. Такое решение позволяет устранить один из существующих недостатков электрокагуляционных установок – использование в качестве электродных материалов листовой стали, являющейся дефицитным материалом.

Процессы, протекающие в электрокоагуляторах на электродах и в объеме раствора, определяются природой материала электродов, рН раствора и примесей, содержащихся в воде.

Электрокоагуляцию применяют преимущественно в системах локальной очистки сточных вод, загрязненных тонкодисперсными и коллоидными примесями, от масел, нефтепродуктов, некоторых полимеров, соединений хрома и других тяжелых металлов. Она находит применение в процессах осветления, обесцвечивания, обеззараживания и умягчения воды в системах водоподготовки. Электрокоагуляция применима главным образом для очистки нейтральных и слабощелочных вод.

Технологическая установка для очистки сточных вод электрокоагуляцией содержит: очистное устройство, аппарат, в котором происходит разделение фаз, емкость для сбора воды и выделенной дисперсной фазы, насосы и трубопроводы, а также источник постоянного тока.

В качестве примера можно рассмотреть электрокоагуляционную установку непрерывного действия для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и другие загрязнения в мелкодисперсном состоянии. Обрабатываемая вода проходит сначала предварительную грубую очистку в механическом фильтре и гидроциклоне. Процесс электрокоагуляционной очистки происходит в аппарате, который является флотатором-отстойником со встроенной в него электродной системой. Часть скоагулированных примесей флотируется, другая осаждается в нижней части аппарата. Флотируемые продукты из верхней части аппарата, а также осадок из нижней части отводится в сборник, а осветленная вода после фильтрации поступает в оборот. Нефтепродукты из сборника выводятся на последующую переработку.

**Биологическая очистка сточных вод.**

**Поля фильтрации и орошения. Описание процесса биологической очистки**

Очистку сточных вод биологическим методом проводят в аэробных  (в присутствии растворенного в воде кислорода) и в анаэробных (в отсутствии растворенного в воде кислорода) условиях. Сообщество микроорганизмов представлено одними бактериями при очистке в анаэробных условиях. При очистке в аэробных условиях в сообществе микроорганизмов развиваются простейшие.

Среди бактерий в очистных сооружениях сосуществуют гетеротрофы и автотрофы, которые различаются по своему отношению к источнику углеродного питания. Гетеротрофы используют в качестве источника углерода готовые органические вещества и перерабатывают их для получения энергии и биосинтеза клетки. Автотрофные организмы потребляют для синтеза неорганический углерод, а энергию получают либо за счет фотосинтеза, либо за счет хемосинтеза при окислении ряда неорганических соединений [11].

На эффективность процессов биологической очистки влияют различные факторы.  Считается, что оптимальная температура для аэробных процессов, происходящих в сооружениях биологической очистки,  составляет 20-30 ºС,  в этих условиях сосуществуют разнообразные и хорошо развитые микроорганизмы.   Кроме органического вещества дли жизнедеятельности микроорганизмов требуются минеральные биогенные элементы ( N, Р, К, Мg, Са, Nа, Сl., Fе и др.). Азот и фосфор являются основными биогенными элементами и подлежат контролю. Для ориентировочных расчетов рекомендуется на каждые 100 г иметь в сточных водах 5 г азота и 1 г фосфора. Остальные биогенные элементы не нормируются, так как обычно содержатся в сточных водах  достаточных для микрофлоры количествах.

Для нормального функционирования микроорганизмов важное значение имеет наличие в воде микроэлементов и факторов роста, витамины и другие соединения: тиамин, рибофлавин, никотин, биотип, инозит, нафтенаты и другие факторы роста.

Биогенные элементы лучше усваиваются в форме тех соединений, которые имеются в бактериальной клетке: азот в восстановленном состоянии (NH4+), фосфор в окисленном состоянии (соли фосфорных кислот). Недостаток азота тормозит биохимическое окисление загрязнения и приводит к образованию труднооседающего осадка. При недостатке фосфора интенсивно развиваются нитчатые бактерии. Это вызывает снижение интенсивности роста биомассы, окисление органических веществ, сопровождаемое плохим уплотненном осадка [13].

Критерием степени пригодности биохимического окисления для обезвреживания органических загрязнений в сточных водах является биохимический показатель. Этот показатель определяется как отношение полной биохимической потребности в кислороде (БПКполн) к химической потребности в кислороде (ХПК) [23].

Под показателем БПК понимается количество кислорода, израсходованное за определенный период времени микроорганизмами на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических примесей в воде.

Химическая потребность в кислороде выражает количество кислорода, необходимое для окисления всех углеродсодержащих соединений до двуокиси углерода, серосодержащих до сульфатов, азотсодержащих до нитратов, фосфорсодержащих до фосфатов. В стандартной методике определения ХПК в качестве химического окислителя используется бихромат калия Ка2Сг2О7.

Биологические методы в последнее время находят все большее применение. Эти методы в отличие от физико-химических характеризуются достаточной простотой и эффективностью. Также биологические способы в отличие от  физико-химических не вызывают вторичного загрязнения остатками вносимых в воду реагентов [8].

**Биологическая очистка сточных вод нефтехимических предприятий**

Биологическая очистка является одним из основных методов очистки сточных вод НХЗ как перед сбросом их в водоем, так и перед повторным использованием в системах оборотного водоснабжения. Считается, что микроорганизмы способны окислять все органические вещества, за исключением тех искусственно синтезированных, которым нет аналогов в природе. Интенсивность и последовательность окисления микроорганизмами того или иного вещества зависят от многих факторов, но решающее влияние на эти процессы оказывает химическое строение вещества. Наименее доступными источниками углерода являются вещества, не содержащие атомов кислорода, — углеводороды. Тем не менее, углеводороды в отсутствие в сточных водах в достаточном количестве других легко разлагаемых источников питания также расщепляются микроорганизмами активного ила.  Токсичные вещества, содержащиеся в сточных водах, можно разделить на два основных вида: ксенобиотики или органические токсиканты (пестициды, жиры, нефтепродукты, ПАВ, диоксины) и тяжелые металлы. Первые удаляются из очищаемой жидкости с помощью сорбции активным илом и последующей деградации ферментами, а также химическим окислением за счет аэрации иловой смеси. Иногда возможно сочетание нескольких способов. Тяжелые металлы извлекаются из загрязненных вод путем сорбции хлопьями ила. Сточные воды подвергают биохимической очистке как отдельно, так и в смеси с бытовыми, химически загрязненными и промливневыми сточными водами, прошедшими механическую или физико - химическую очистку. При биохимической очистке на одной площадке городских и нефтесодержащих сточных вод следует предусматривать две параллельные технологические линии очистных сооружений: первую - для нефтесодержащих сточных вод или их смеси с бытовыми сточными водами в соотношении не более 1:1, вторую — только для бытовых сточных вод. Подобные решения позволяют предохранить комплекс сооружений биохимической очистки бытовых сточных вод в случае нарушения их работы по очистке нефтесодержащих сточных вод, а также снизить количество нефтепродуктов, сбрасываемых со сточными водами в водоем.

Биологическая очистка может осуществляться как в естественных, так и в искусственных условиях. К сооружениям естественной очистки относятся:

1. Фильтрующие колодцы, используемые при расходе 1 м3 в сутки и менее, и фильтрующие кассеты - при расходе 0,5-6 м3 в сутки. Использование в технологической схеме биологической очистки сооружений, расположенной в естественных условиях (фильтрующие колодцы и кассеты, поля подземной фильтрации), позволяет обеспечить одновременно глубокую очистку и обеззараживание стоков и не требует дополнительного устройства сооружений доочистки. Обследование около 50 систем показало, что вблизи правильно установленных и эксплуатируемых фильтрующих колодцев создается вполне удовлетворительная санитарная обстановка. На большинстве обследованных объектов даже в расстоянии 1-2 метров вокруг фильтрующего колодца не отмечалось загрязнения атмосферного воздуха и поверхности почвы. Результаты исследований экспериментальных установок показываю, что даже на расстоянии 0,8-1 метра от фильтрующих колодцев наблюдается значительное снижения загрязнении в сточных водах.

2. Поля подземной фильтрации - при расходе до 15 м3 в сутки и более.

3. Поля фильтрации - при расходе 1400 м3 в сутки и менее. В этих сооружениях, фильтрующей загрузкой являются естественные грунты, используемые непосредственно на месте (пески, супеси, легкие суглинки). В отличие от полей орошения исключают возможность выращивания на них сельскохозяйственных культур из-за больших объёмов проходящих через них сточных вод.  Фильтрующие траншеи, песчано-гравийные фильтры, применяемые при расходе 15 м3 в сутки и более. Оросительная и дренажная сеть этих сооружений положена в слое искусственной фильтрующей загрузки из привозного грунта.  Фильтрующие кассеты с пропускной способностью 0,5-6 м3 в сутки, применяемые в слабофильтрующих грунтах (суглинках) при коэффициенте фильтрации не менее 0,1 м3 в сутки.  Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК) - при расходе 100-1400 м3 в сутки.

4. Биологические пруды с естественной или искусственной аэрацией - при расходе 1400 м3 в сутки. В биологических прудах, которые представляют собой искусственно созданные водоемы, для очистки сточных вод используются естественные процессы. Эти сооружения можно использовать и для глубокой очистки (доочистки) сточных вод, прошедших биологическую обработку [34].

В окислительных процессах, протекающих в биологических прудах, существенную роль играет водная растительность, которая способствует снижению концентрации биогенных элементов и регулирует кислородный режим водоема. Продолжительность очистки сточных вод в биологических прудах достаточно велика.

**Аэробное сбраживание. Аэротенки**

Аэробное сбраживание - это биологический процесс с длительным периодом аэрации в сооружениях типа аэротенков, в результате которого происходит разложение органического вещества. Органическое вещество канализационных осадков, в том числе активного ила, состоит из трех групп: питательных веществ, доступных биологическому окислению; инертных, биологически не разлагаемых веществ; активной бактериальной массы, способной к самоокислению. Известно, что самоокисление - свойство живых бактериальных клеток в условиях недостатка питания вырабатывать в результате внутриклеточного обмена веществ энергию, необходимую для поддержания своей жизнедеятельности.

Аэротенк представляет собой аппарат с постоянно протекающей сточной водой, во всей толще которой развиваются аэробные микроорганизмы, потребляющие субстрат, т.е. «загрязнение» этой сточной воды.

Биологическая очистка сточных вод в аэротенках происходит в результате жизнедеятельности микроорганизмов активного ила. Сточная вода непрерывно перемещается и аэрируется до насыщения кислородом воздуха. Активный ил представляет собой суспензию микроорганизмов, способную к флокуаляции.

При биологической очистке сточных вод протекают два процесса: сорбция загрязнений активным илом и их внутриклеточное окисление микроорганизмами. Скорость сорбции значительно превышает скорость биокисления, поэтому после окончания процесса сорбции и достижения требуемого эффекта очистки по БПК отделившейся в отстойнике ил направляют в регенератор (секцию аэротенка) с целью биоокисления остаточных загрязнений сточных вод.

Аэротенки могут быть классифицированы по гидродинамическому режиму их работы:

1) аэротенки идеального вытеснения;

2) аэротенки идеального смешения;

3) аэротенки промежуточного типа.

Гидродинамический режим работы аэротенков оказывает принципиальное влияние на условия культивирования микроорганизмов, а, следовательно, на эффективность и экономичность биологической очистки сточных вод.

Конструкции аэротенков могут быть различными и зависят от системы аэрации, способа распределения потоков сточных вод и возвратного ила. Имеются также конструкции аэротенков, совмещенных с отстойниками и фильтрами, с регенарацией активного ила и без нее [15].

Существуют также классификация аэротенков по величине «нагрузки» на активный ил: высоконагружаемые (аэротенки на неполную очистку), обычные и низконагружаемые (аэротенки продленной аэрации).

*Аэротенки-вытеснители* (аэротенки полного вытеснения) имеют сосредоточенный впуск исходной воды и циркуляционного ила в начале сооружения и отвод иловой смеси в конце его. Повышенная концентрация загрязнений в начале сооружения обеспечивает увеличение скорости их окисления, что несколько сокращает общий период аэрации, но изменение состава воды по длине аэротенка затрудняет адаптацию ила и снижает его активность. В связи с этим аэротенки-вытеснители применяют для очистки сравнительно слабо загрязненных городских и подобных им производственных вод (БПКполн до 500 мг/л).

Разновидностью аэротенков-вытеснителей является секционированный аэротенк, в котором для предотвращения возвратного движения воды коридоры сооружения разделены поперечными перегородками на пять-шесть последовательно проточных секций (ячеек). Секционирование оказывается целесообразным при длине коридоров в аэротенках менее 60—80 м.

В отличие от аэротенков других типов (аэротенков-смесителей и аэротенков промежуточного типа), аэротенки-вытеснители представляют собой сооружения, в которых очищаемая сточная вода постепенно перемещается от места впуска к месту ее выпуска. При этом практически не происходит активного перемешивания поступающей сточной воды с ранее поступившей. Процессы, протекающие в этих сооружениях, характеризуются переменной скоростью реакции, поскольку концентрация органических загрязнений уменьшается по ходу движения воды. Аэротенки – вытеснители весьма чувствительны к изменению концентрации органических веществ в поступающей воде, особенно к залповым поступлениям со сточными водами токсических веществ, поэтому такие сооружения рекомендуется применять для очистки городских и близких по составу к бытовым промышленных сточных вод [12].

При отсутствии резких колебаний расхода сточных вод и содержания токсических веществ вместо аэротенков – смесителей предпочтительнее применять аэротенки – вытеснители, которые отличаются меньшим объемом и простотой конструкции.

Коридорный аэротенк работает практически как вытеснитель при отношении расстояния от впуска очищаемой воды до конца последнего коридора к ширине коридора не менее 50: 1. При ширине коридора 6 или 9 м минимальное расстояние от впуска сточной воды до конца последнего коридора должно составлять соответственно 300 и 450 м.

При использовании аэротенков с коридорами меньшей длины наблюдается процесс значительного осевого смешения, которое искажает эффект вытеснения. Для недопущения продольного перемешивания и приближения процесса к режиму вытеснения в этом случае необходимо предусматривать секционирование аэротенков. Секционирование может быть осуществлено путем установки в коридорах аэротенков легких вертикальных перегородок с отверстиями в нижней части. Скорость движения иловой смеси в отверстиях перегородок принимается равной не менее 0,2 м/с.

Для исключения отрицательного влияния залповых поступлений концентрированных сточных вод первая секция аэротенка должна иметь больший объем. Конструктивно такая секция оформляется как аэротенк-смеситель, что достигается рассредоточенным впуском в нее сточных вод. Расстояние между выпусками следует принимать не менее ширины коридора. Размер выпускных отверстий в распределительных лотках должен быть рассчитан на пропуск 50 % расхода стоков, поступающих в секцию. Конструкция аэротенков-вытеснителей (в том числе и секционированных) должна обеспечивать работу по схеме с регенерацией активного ила. Регенерация ила принимается равной 25—50 % объема сооружений.

**Аэротенки-осветлители** предназначены для очистки бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод с концентрацией загрязнений БПКполн до 500 мг/л, по взвешенным веществам — до 150 мг/л на очистных станциях производительностью 1,4—280 тыс. м3/сут. При применении аэротенков-осветлителей можно уменьшить объем очистных сооружений за счет сокращения продолжительности аэрации до 3— 5 ч и исключения из схемы очистки вторичных отстойников как самостоятельных сооружений и насосной станции активного ила. В отличие от аэротенков-отстойников, в аэротенках-осветлителях создается значительно более высокая степень рециркуляции ила, что позволяет рассматривать взвешенный слой ила в отстойной зоне как дополнительную реакционную зону.

Аэротенки-осветлители представляют собой прямоугольные в плане бассейны с наклонными или вертикальными боковыми стенками.

В аэротенках с наклонными боковыми стенками зона аэрации находится в центральной части сооружения между симметрично расположенными по периферии зонами осветления, а при вертикальных боковых стенках зоны осветления с обеих сторон ограничены зонами аэрации. Зоны осветления отделены от зон аэрации наклонными разделительными, не доходящими до дна бассейна перегородками, оборудованными в верхней части переливными окнами для подачи иловой смеси из зоны аэрации в зону осветления. В нижней части разделительные перегородки образуют сплошную щель, через которую возвратный ил подсасывается из зоны осветления в зону аэрации. Степень рециркуляции смеси между зонами достигает 6—12 и зависит от размера сечения переливных окон, регулируемого шиберами. Побудителем рециркуляции является система аэрации, обеспечивающая перепад гидростатического давления между зонами аэрации и осветления. В зону аэрации воздух подается через перфорированные трубки, или мелкопузырчатые диффузоры.

Осветленная сточная вода поступает в сооружение по перфорированному трубопроводу, уложенному отверстиями вниз у днища зоны по всей длине, смешивается с активным илом и подвергается аэрации.

Аэрированная иловая смесь через переливные окна поступает в зоны осветления и направляется вдоль разделительных перегородок вниз к щелям, где разделяется на два потока. Один поток через донные щели возвращается в зону аэрации, другой направляется вверх, создавая взвешенный слой активного ила. Очищенная вода, пройдя взвешенный слой ила, собирается водоотводящими лотками. Избыточный ил из нижней части взвешенного слоя удаляется по трубам, размещенным равномерно по всей длине сооружения [27].

**Анаэробное сбраживание. Метантенки**.

Анаэробное сбраживание – это процесс разложения органических веществ до конечных продуктов, в основном метана и углекислого газа, в результате жизнедеятельности сложного комплекса микроорганизмов в анаэробных условиях. При проведении этого процесса в оптимальных условиях указанные газы образуются в количестве 90 – 95% от биологически распавшегося органического вещества. Остальные 5 – 10% расходуется на воспроизводство бактериальных клеток. Рассматриваемый процесс применяют для обработки сырых осадков из первичных отстойников, избыточного активного ила или для их смеси.

Анаэробное сбраживание осадков – очень сложный биохимический процесс, зависящий от многих физических (температура, концентрация сухого вещества, степень перемешивания, нагрузки по беззольному веществу, длительность сбраживания) и химических (рН, щелочность, концентрация летучих кислот, элементов питания и токсичных веществ) факторов.

Смесь метана и диоксида углерода называется биогазом. Теплота его сгорания составляет 18 – 24 МДж/м3, а чистого метана – 37,3 МДж/м3.

Согласно современным представлениям, анаэробное метановое сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии:

стадия ферментативного гидролиза нерастворимых сложных органических веществ с образованием более простых растворимых веществ;

стадия кислотообразования с выделением короткоцепочных летучих жирных кислот (ЛЖК), аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа (кислотогенная стадия);

ацетоногенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту, диссоциирующую на анион ацетата и катион водорода;

метаногенная стадия – образование метана из уксусной кислоты, а также в результате реакции восстановления водородом углекислого газа.

Иногда первые две стадии объединяются в одну, и процесс рассматривается как трехстадийный.

Процесс гидролиза осуществляется с участием биологических катализаторов (экзоферментов), которые выделяются в среду бактериями. В результате этого процесса твердые нерастворимые соединения переходят в растворенное состояние. Скорость гидролиза зависит от природы органических веществ и условий его проведения. Часто общая скорость процесса лимитируется скоростью гидролиза.

Ацетоногенная стадия осуществляется двумя группами ацетоногенных бактерий. Первая образует ацетат с выделением водорода из растворимых продуктов. Ниже приводятся в качестве примера химические уравнения образования уксусной кислоты из пропионовой и масляной кислот:

СН3СН2СООН + 2Н2О ® СН3СООН +СО2 + 3Н2  (8)

СН3СН2СН2СООН + 2Н2О ® 2СН3СООН + 2Н2   (9)

Вторая группа ацетоногенных бактерий приводит к образованию уксусной кислоты путем использования водорода для восстановления СО2:

4Н2 + 2СО2 ® СН3СООН + 2Н2О     (10)

Микробиология этой стадии брожения требует дальнейшего изучения.

На четвертой (метагенной стадии) метановые бактерии образуют метан двумя путями – путем расщепления ацетата и восстановлением углекислоты водородом:

СН3СООН ® СН4 + СО2    (11)

СО2 + 3Н2 ® СН4 + Н2О    (12)

Первым путем образуется 72% метана, а вторым – 28%.

**Технологические схемы анаэробного сбраживания осадков**

Различают две принципиальные технологические схемы анаэробного сбраживания – *одноступенчатое* и *двухступенчатое (многоступенчатое)*. Эти схемы представлены на рис. 5.

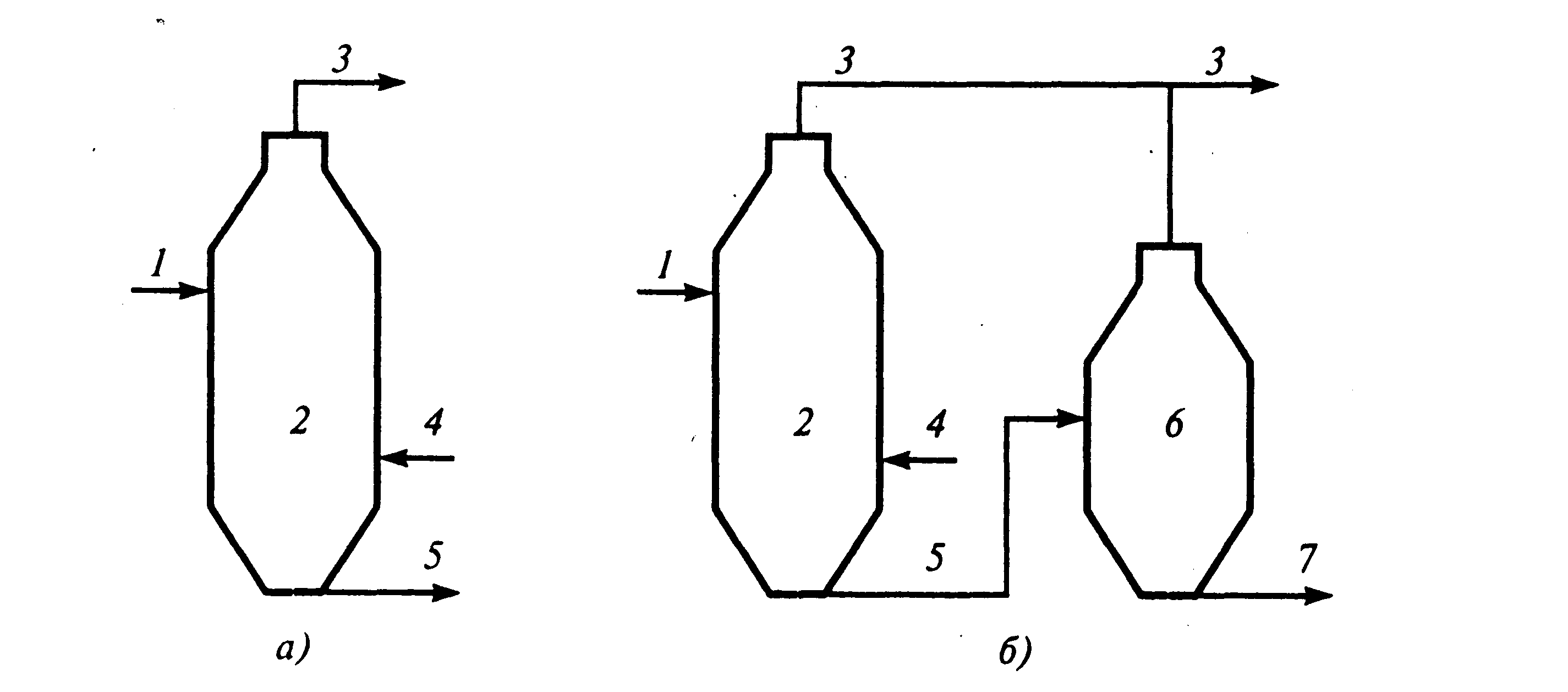


Рис. 5. Принципиальные схемы анаэробного сбраживания: а – одноступенчатое сбраживание; б – двухступенчатое сбраживание;     1 – загрузка осадка; 2 – метатенк I ступени; 3 – биогаз; 4 – теплоноситель;      5 – выгрузка осадка из метатенка I ступени; 6 – метатенк II ступени; 7 – выгрузка сброженного осадка.

Продолжительность процесса сбраживания в одноступенчатых метатенках достигает 30 – 50 сут, а нагрузка по беззольному веществу составляет 0,7 – 1,3 кг/м3. Эти устройства эксплуатируются практически без перемешивания и с небольшим подогревом. Для них характерен довольно глубокий распад органического вещества, загружаемого осадка (до 50%), хорошее расслоение осадка и его уплотнение в нижней части резервуара. Кроме того, в одноступенчатых метатенках появляется возможность отделения иловой воды и уменьшаются объемы сброженных осадков. Обычные одноступенчатые метатенки представляют собой низконагруженные системы, поэтому их изготовляют в виде емкостей большого объема, что приводит к высоким строительным затратам. Для устранения этого недостатка используют высоконагруженные метатенки, в которых интенсификация процесса сбраживания достигается за счет хорошего подогрева осадка, создания систем непрерывного перемешивания для равномерного распределения осадка и улучшения контактов микроорганизмов со сбраживаемым субстратом и перехода на непрерывную загрузку (или сокращаются интервалы между загрузками). Обычно время обработки осадков в таких метатенках лежит в пределах 15 – 20 сут, однако в ряде случаев продолжительность обработки осадков возможно снизить до 4 – 7 сут. Следует, однако, отметить, что в высоконагруженных метатенках не происходит расслоения осадка и отделения иловой воды, в связи с чем технологическая схема предусматривает применение метатенка II ступени, т.е. переход на двухступенчатое сбраживание. В отечественной практике в технологическую схему обработки осадков обычно последовательно включают 2, 3 или 4 метатенка в зависимости от требуемой производительности (табл. 6). Принятые в отечественной практике обработки осадков технологические схемы, включающие высоконагруженные метатенки, предусматривают равномерную загрузку осадка во все резервуары метатенков по напорному трубопроводу. Одновременно с загрузкой исходного осадка под гидростатическим давлением происходит выгрузка из метатенка сброженного осадка. Подогрев и горизонтальное перемешивание осадка в метатенке осуществляют острым паром, а вертикальное перемешивание – центробежными насосами. Образующийся биогаз рекомендуется направлять в котельные очистных сооружений для сжигания в качестве топлива.

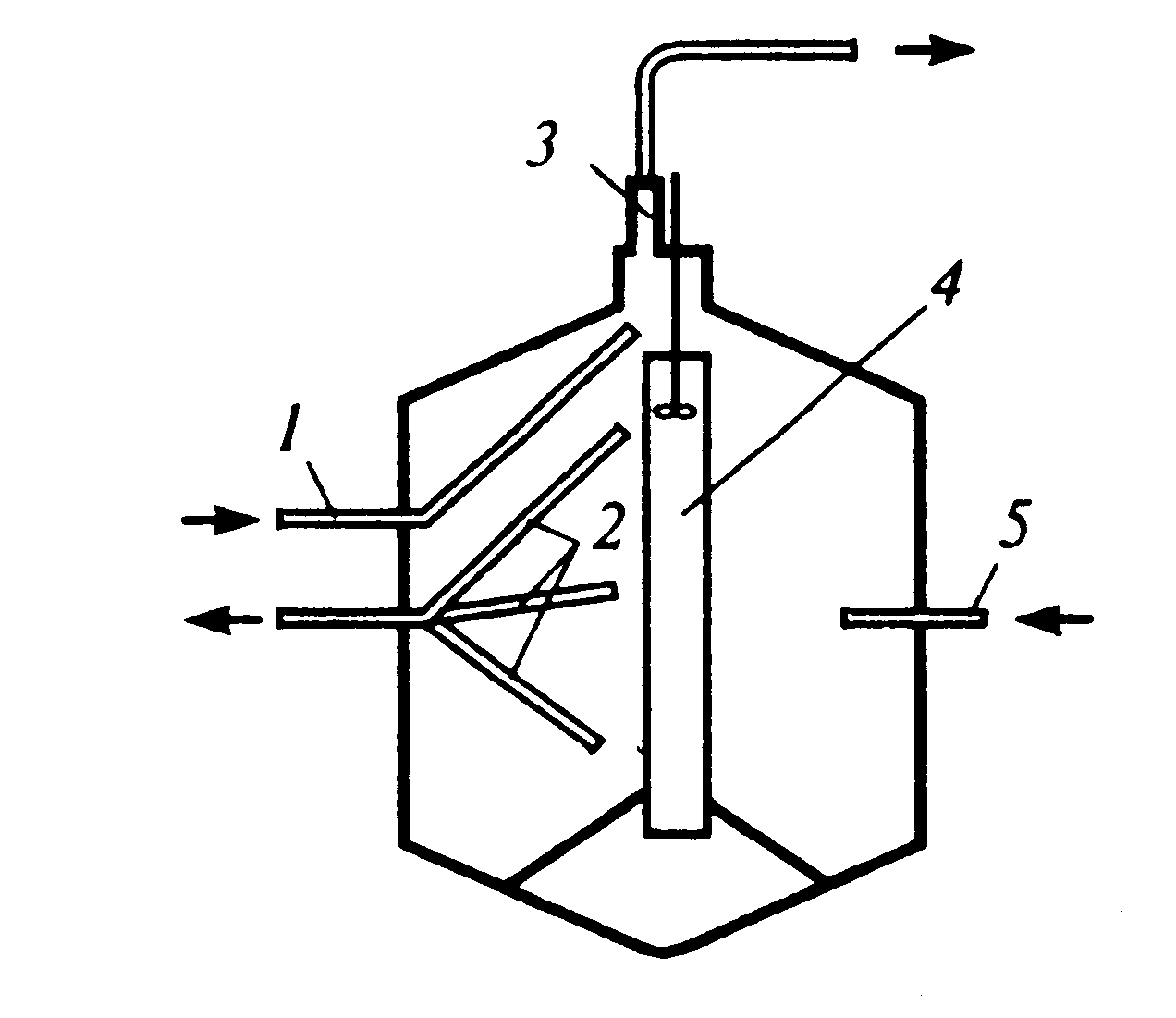


Рис. 6. Схема метатенка: 1 – трубопровод для подачи осадка в метатенк; 2 – трубопроводы для выпуска сброженного осадка; 3 – устройство для выпуска газа из метатенка; 4 – устройство с мешалкой для перемешивания бродящей массы осадка; 5 – трубопровод для подвода теплоносителя. Конструктивно метатенки обычно представляют железобетонные или стальные вертикальные резервуары цилиндрической формы с жестким перекрытием и коническим или плоским днищем.

**Биофильтры.** Биологический фильтр – очистное сооружение, заполненное загрузочным материалом, через который фильтруется сточная вода и на поверхности которого развивается биологическая пленка, состоящая преимущественно из аэробных микроорганизмов. Очистка сточных вод осуществляется вследствие жизнедеятельности указанных микроорганизмов.

По конструктивным особенностям загрузочного материала все существующие биофильтры делятся на два вида:

1) с объемной загрузкой;

2) с плоскостной загрузкой.

В свою очередь, биофильтры с объемной загрузкой можно разделить на следующие группы:

а) капельные, имеющие крупность фракций загрузочного материала 20—30 мм и высоту слоя загрузки 1—2 м;

б) высоконагружаемые,  имеющие  крупность фракций загрузочного материала 40—60 мм и высоту слоя загрузки 2—4 м;

в) башенные (большой высоты), имеющие крупность фракций загрузочного материала 60-80 мм и высоту слоя загрузки 8-16 м.

Капельные биофильтры можно рекомендовать при расходах сточных вод до 1000 м3/сут, высоконагружаемые и башенные — при расходах до 30—50 тыс. м3/сут; при обосновании применение высоконагружаемых биофильтров допускается на станциях большей пропускной способности.

В качестве загрузочного материала в биофильтрах с объемной загрузкой используют щебень, гравий, шлак, керамзит и другие материалы плотностью 500—1500 кг/м3 и пористостью 40—50 % [9].

Биофильтры с плоскостной загрузкой можно разделить на группы по типу загрузки:

а)  жесткая засыпная в виде колец, обрезков труб и других элементов — могут быть использованы керамические, пластмассовые и металлические засыпные элементы плотностью 100—600 кг/м3 и пористостью 70—90 % при высоте слоя 1—6м;

б) жесткая блочная в виде решеток или блоков, собранных из чередующихся плоских и гофрированных листов, — могут быть использованы различные виды пластмасс (поливинилхлорид, полиэтилен, полипропилен, полистирол и др.) плотностью 40-100 кг/м3 и пористостью 90-97 % при высоте слоя 2-16 м, а также асбестобетонные листы плотностью 200-250  и пористостью 80-90% при высоте слоя 2-6 м;

в) мягкая из металлических сеток, пластмассовых пленок или синтетических тканей (нейлон, капрон), которые крепят на специальных каркасах или укладывают в виде рулонов - такая загрузка имеет плотность 5—60 кг/м3 и пористость 94—99 % при высоте слоя до 3—8 м.

К биофильтрам с плоскостной загрузкой следует отнести и погружные биофильтры, представляющие собой, как правило, резервуары с днищем вогнутой формы, заполненные сточной водой. Вдоль резервуара, несколько выше уровня обрабатываемой сточной жидкости, установлен вал, на котором насажены пластмассовые, асбестоцементные или металлические диски диаметром 0,6—3 м. Расстояние между дисками составляет 10—20 мм, частота вращения вала с дисками 1—40 мин -1.Биофильтры с жесткой засыпной и мягкой загрузкой рекомендуется применять при расходах сточных вод до 10 тыс. м3/сут, а биофильтры с жесткой блочной загрузкой — при расходах до 50 тыс. м3/сут. Погружные биофильтры с успехом применяются при малых расходах сточных вод, до 500 м3/сут. Конструктивно капельные, высоконагруженные, башенные, с жесткой и мягкой загрузкой биофильтры представляют собой прямоугольные и цилиндрические резервуары, заполненные загрузкой (в химической технологии загрузка именуется насадкой). Сверху биофильтры имеют оросители для распределения сточных вод по загрузке, в нижней части резервуаров имеются окна, обеспечивающие естественную или принудительную аэрацию поверхности биопленки, формирующейся на поверхности загрузки. Принципиально все перечисленные выше биофильтры отличаются видом загрузки и удельной нагрузкой по сточным водам.Погружные биофильтры представляют собой вращающиеся диски, барабаны, частично погруженные в сточную воду. Конструктивно они весьма схожи с конструкциями дисковых и барабанных вакуумных фильтров с наружной поверхностью фильтрования. Капельные биофильтры характеризуются капельным режимом орошения загрузки. При поступлении сточных вод с перерывами в течение суток строительство открытых биофильтров или их размещение в не отапливаемых помещениях облегченной конструкции должно быть обосновано теплотехническим расчетом с учетом опыта эксплуатации биофильтров в аналогичных.

**Высоконагружаемые биофильтры***.* Высоконагружаемые биофильтры отличаются от капельных большей окислительной мощностью, равной 0,75—2,25 кг/(м3 ⋅ сут) ВПК, обусловленной лучшим обменом воздуха и незаиляемостью загрузки. Достигается это применением загрузочного материала повышенной крупности — 40-70 мм, увеличением рабочей высоты загрузки до 2—4 м и гидравлической нагрузки до 10—30 м3/(м2 ⋅сут).

Высоконагружаемые биофильтры могут быть с естественной и искусственной аэрацией. В отечественной практике широкое распространение получили сооружения с искусственной вентиляцией — аэрофильтры. Особенностью аэрофильтров является специальная конструкция днища и дренажа, обеспечивающая возможность искусственной продувки материала загрузки воздухом. Воздух в междудонное пространство подается вентиляторами под давлением 100 мм вод. ст. (981 Па) у ввода в аэрофильтр. Удельный расход воздуха принимается равным 8—12 м3 на 1 м3 очищаемой воды. Для предотвращения потери воздуха на отводных трубопроводах необходимо устраивать гидравлические затворы глубиной 200 мм.

**Биофильтры с пластмассовой загрузкой**. Пластмассовая загрузка имеет большую пористость (73—99 %) по сравнению с загрузкой из фракционных материалов (50 %), благодаря чему обеспечиваются лучшие условия обтекания биологической пленки воздухом и соответственно повышается производительность сооружений.

Окислительная мощность рассматриваемых биофильтров по снятой ВПК может достигать при полной очистке 2,7 кг/(м3 ⋅сут), а при неполной очистке — 4,5 кт/(м3 ⋅сут).

Наибольший технико-экономический эффект может быть получен при использовании биофильтров с пластмассовой загрузкой для неполной биологической очистки в качестве первой ступени двухступенчатой биологической очистки, а также при очистке сточных вод от небольших городов, поселков, промышленных предприятий и объектов. Пластмассовая загрузка может также успешно применяться при реконструкции и расширении станций очистки сточных вод с биофильтрами.

Биофильтры с пластмассовой загрузкой делятся на следующие группы:

а) с жесткой засыпной загрузкой в виде колец; обрезков труб и других элементов плотностью 40— 100 кг/м3 и пористостью 70—90 %;

б) с жесткой блочной загрузкой в виде решеток или блоков, собранных из чередующихся плоских и гофрированных листов; в качестве загрузки могут быть использованы различные виды пластмасс (поливинилхлорид, полиэтилен) плотностью 40—100 кг/м3   и пористостью загрузочного материала 90—97 %;

в) с мягкой загрузкой из пластмассовых пленок, которые крепят на специальных каркасах или укладывают в виде рулонов с плотностью 5—60 кг/м3   и пористостью 94 – 99 %.

В качестве загрузки фильтров применяют пластмассы, способные выдержать температуру 6 —30 °С без потери прочности.

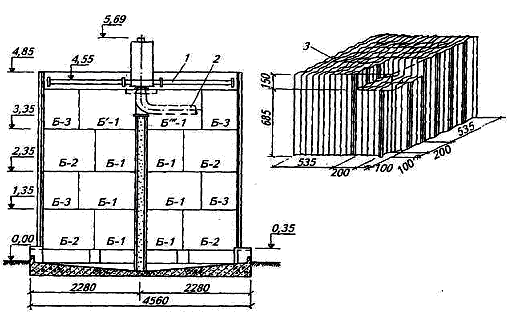


Рисунок 6 – Биофильтр с пластмассовой загрузкой: 1 –ороситель; 2- подающий трубопровод; 3 – блок загрузки из гофрированных листов полиэтилена; Б – 1, Б – 2 и т.д. – блоки пластмассовой загрузки

Листы полиэтилена сваривают в блоки прямоугольной и треугольной формы высотой 0,5 - 1 м. Нижний ряд блоков укладывают на поддерживающую решетку, последующие ряды — друг на друга.

**Активный ил. Возраст ила. Вспухание**

Активный ил - ил, осадок, образующийся при биологической очистке сточных вод, аккумулирующий в себя большое количество микроорганизмов и интенсивно окисляющий органические загрязняющие вещества.

Возраст активного ила - интервал времени, за который происходит полное обновление активного ила в сооружениях для очистки сточных вод.

Вспухание активного ила - всплывание активного ила на поверхность сточных вод в результате его брожения.

Нагрузка на активный ил - масса загрязняющих веществ, приходящаяся на один килограмм сухого остатка активного ила в сутки.

Очистка активным илом - биологическая очистка сточных вод, в процессе которой смесь сточных вод и ивного ила перемешивается и аэрируется. Затем активный ил отделяется от очищенных сточных вод путем седиментации и, в случае необходимости, удаляется или возвращается в процесс очистки.

Регенерация активного ила - восстановление сорбционной и окислительной способности возвратного активного ила посредством аэрации.

**Методы обработки осадков сточных вод. Основные процессы, применяемые для обработки осадков производственных сточных вод**.

В зависимости от химического состава различают три группы осадков:

1)  из неорганических (минеральных) веществ;

2)  из органических веществ с зольностью менее 10%;

3) смеси неорганических и органических веществ с зольностью, в пределах от 10 до 60%.

Кроме того, все осадки делятся на инертные и токсичные, а также на стабильные и нестабильные (загнивающие). Наиболее просто обрабатываются осадки, состоящие из неорганических веществ (например, осадки металлургической и угольной промышленности), а содержащиеся в них ценные компоненты обычно рекуперируются.

И.С. Туровским. **«осадки сточных вод»** – это суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической, биологической и физико-химической (реагентной) очистки», и приводит следующую классификацию: грубые примеси (отбросы), задерживаемые решетками; тяжелые примеси (песок), задерживаемые песколовками; плавающие примеси (жировые вещества), всплывающие в отстойниках; сырой осадок – суспензия, включающая, в основном, оседающие взвешенные вещества, которые задерживаются первичными отстойниками; активный ил, задерживаемый во вторичных отстойниках, – комплекс микроорганизмов коллоидного типа с адсорбированными и частично окисленными загрязнениями, извлеченными из сточных вод в процессе биологической очистки; осадок анаэробно сброженный в осветителях-перегнивателях, двухъярусных отстойниках и метатенках (анаэробному сбраживанию может подвергаться осадок из первичных отстойников или его смесь с избыточным активным илом); аэробно стабилизированный активный ил или его смесь с осадком из первичных отстойников в сооружениях типа аэротенков; сгущенный активный ил в сепараторах; уплотненный активный ил или осадок в уплотнителях и других аппаратах.

Различные технологические схемы обработки осадков обычно включают стадию их уплотнения (сгущения). Для предотвращения загнивания осадков проводят их стабилизацию, после которой осадки либо захораниваются, либо поступают на утилизацию. Процесс стабилизации может осуществляться тепловой обработкой, биотермическим разложением, жидкофазным окислением. Стабилизация осадков также достигается при добавлении щелочей, при высушивании осадков или при введении ингибиторов химического происхождения.

При кондиционировании осадков улучшаются их водоотдающие свойства за счет изменения структуры осадков и форм связи воды. Это приводит к достаточно эффективному обезвоживанию. В большинстве случаев кондиционирование является конечным процессом обезвоживания осадков.

Если в состав осадков входят токсичные примеси, а также если утилизация осадков технически невозможна или экономически нецелесообразна, то их ликвидируют. Для малозольных осадков чаще всего используют процессы сжигания, которые проводят в печах различной конструкции. Утилизацию осадков проводят с целью извлечения из них ценных компонентов, которые могут быть использованы в промышленности строительных материалов, в качестве кормовых продуктов, удобрений и др.

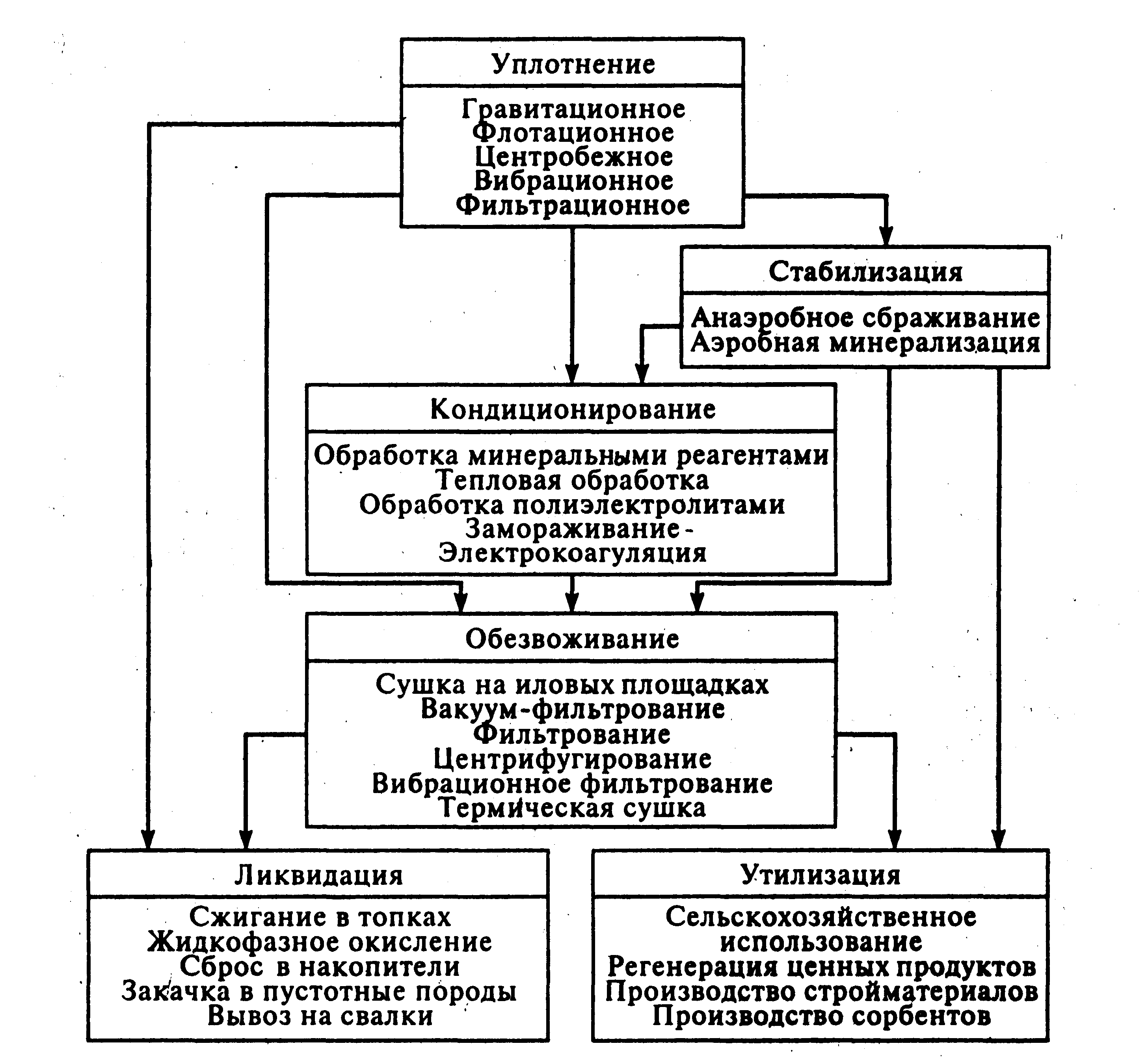
При переработке инертных осадков используются следующие технологические схемы:

1) уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, утилизация;

2) уплотнение, стабилизация, кондиционирование, обезвоживание, утилизация;

3) уплотнение, стабилизация, утилизация и другие варианты.

Для переработки токсичных осадков используются:  уплотнение, ликвидация;  уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, ликвидация;  уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, утилизация и другие варианты.



**Уплотнение осадков. Флотационное уплотнение осадков**.

Основными способами уплотнения (сгущения) осадков являются следующие: гравитационное, флотация, центрифугирование, фильтрование и различные комбинации этих методов.

Наиболее простым методом уплотнения является гравитационное уплотнение, используя которое уплотняют избыточный активный ил и сброженные осадки. Продолжительность уплотнения обычно составляет 4 – 24 ч, а влажность осадков после уплотнения лежит в пределах 85 – 97%.

К основным **недостаткам** рассматриваемого метода уплотнения относятся достаточно большая продолжительность процесса, высокая влажность осадков после уплотнения, а также значительный вынос взвешенных веществ из илоуплотнителя. Для уменьшения этих недостатков используют дополнительные технологические приемы: коагуляция, перемешивание при уплотнении, совместное уплотнение различных видов осадков, а также термогравитационный метод.

В этом устройстве интенсифицированы процессы перемешивания, что способствует укрупнению частиц осадка и быстрому их осаждению.

**Термогравитационный метод уплотнения** основан на нагреве активного ила до 80 - 90°С и последующей выдержке, что позволяет снизить влажность активного ила, причем время термообработки составляет 50 – 80 мин. Указанный процесс основан на разрушении гидратной оболочки вокруг частиц активного ила и в переводе части связанной воды в свободное состояние.

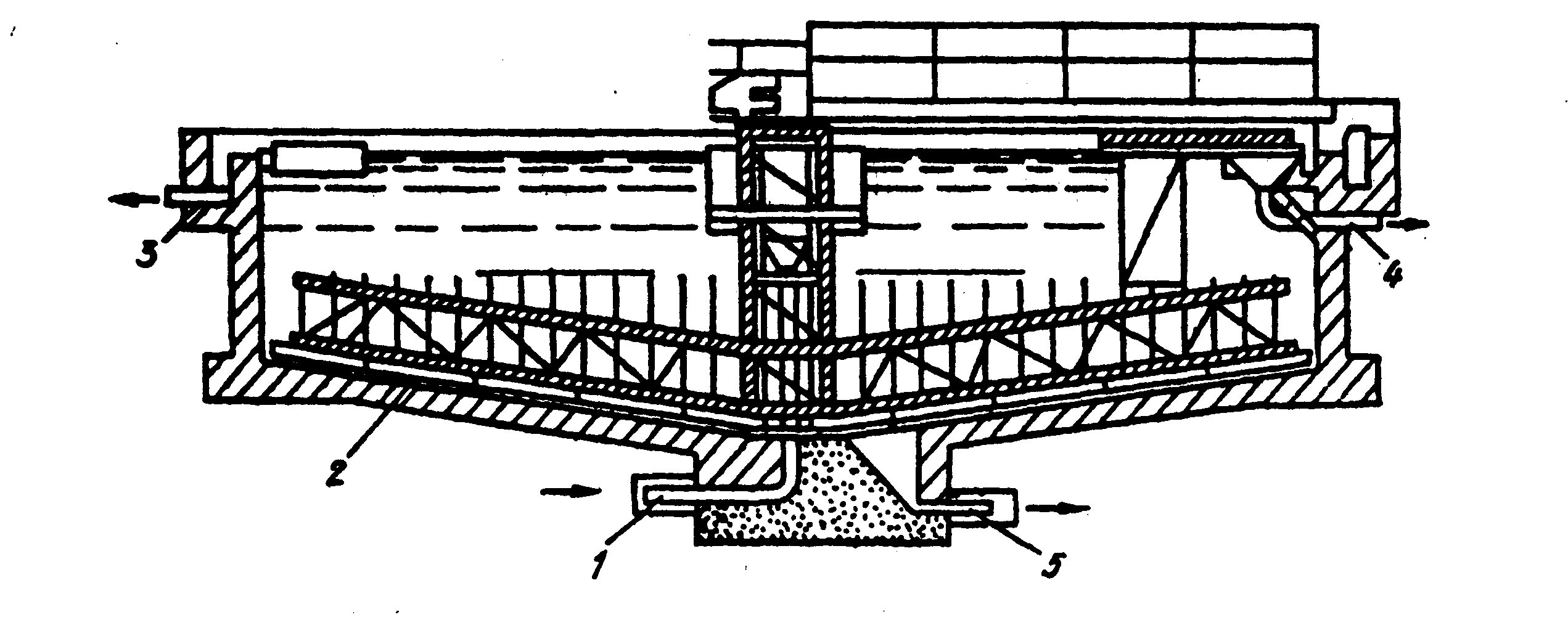


Рис. 8.2. Гравитационный уплотнитель со стержневой мешалкой: 1 – подача ила; 2 – илоскреб со стержневой мешалкой; 3 – отвод осветленной воды; 4,5 – отвод соответственно плавающих веществ и уплотненного осадка

**При флотационном способе** скорость уплотнения осадка в 10 – 15 раз больше, чем при гравитационном, а степень уплотнения выше. процесс флотационного уплотнения достаточно легко регулируется за счет изменения технологических параметров. Применяют импеллерную флотацию, электро- и напорную флотацию, причем последняя получила наибольшее распространение.

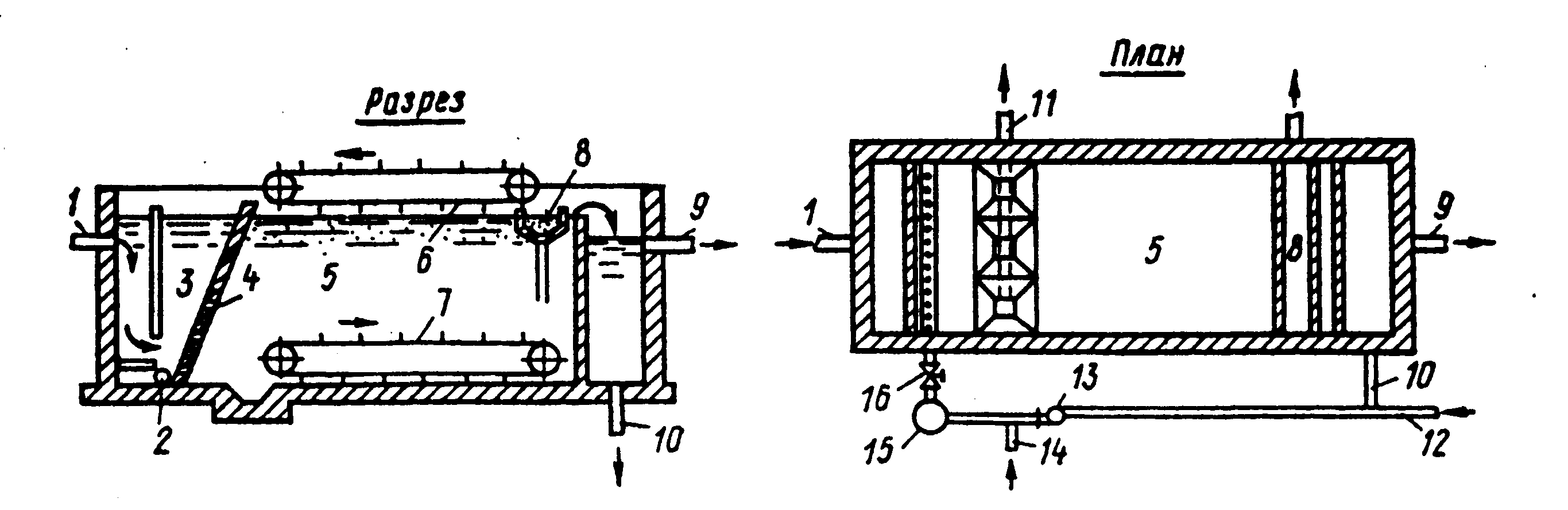


Рис. 8.3. Прямоугольный флотационный илоуплотнитель: 1,2 – подача соответственно осадка и сточной воды; 3 – зона смешения; 4 – щелевой выпуск; 5 – камера флотации; 6,7 – скребковые транспортеры;     8 – сборный лоток; 9 – отвод осветленной воды; 10 – отвод рециркуляционной воды; 11 – отвод выпавшего осадка; 12 – подпитка технической воды; 13 – центробежный насос; 14 – подача сжатого воздуха; 15 – напорный резервуар; 16 – регулятор давления

Смешивание обрабатываемых осадка и воды проводят в камере смешения, откуда образовавшаяся суспензия направляется в камеру флотации. В этой камере пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами взвешенных веществ на поверхность, откуда удаляются с помощью транспортера. На дне камеры флотации установлен второй транспортер, предназначенный для удаления выпавшего осадка. При очистке сточных вод используют также флотационные уплотнители периодического действия.

В резервуар флотатора поступает активный ил, смешанный с водой и насыщенный воздухом. Сфлотированный ил всплывает на поверхность, скребком удаляется в бункер и шнековым транспортером подается на дальнейшую обработку. Осадок, выпавший в флотаторе, удаляется винтовым конвейером. Иловая вода из флотатора отводится  через водослив.

**Для центробежного уплотнения** осадков используют центрифуги, гидроциклоны и сепараторы. Под центрифугированием понимают процесс разделения неоднородных систем (эмульсий и суспензий) в поле центробежных сил. Под действием центробежных сил суспензия разделяется на осадок и жидкую фазу, называемую фугатом. Осадок остается в роторе, а жидкая фаза удаляется из него.

В отстойных центрифугах со сплошными стенками происходит разделение суспензий (и эмульсий) по принципу отстаивания, причем действие силы тяжести заменяется действием центробежной силы.

В фильтрующих центрифугах с проницаемыми стенками осуществляют процесс разделения суспензий по принципу фильтрования, причем вместо разности давлений используется действие центробежной силы. Для повышения эффективности задержания сухого вещества при центрифугировании осадков их обрабатывают различными химическими реагентами: известью, фосфоросодержащими веществами, синтетическими органическими полиэлектролитами (флокулянтами).

**Анаэробное (метановое) сбраживание осадков**

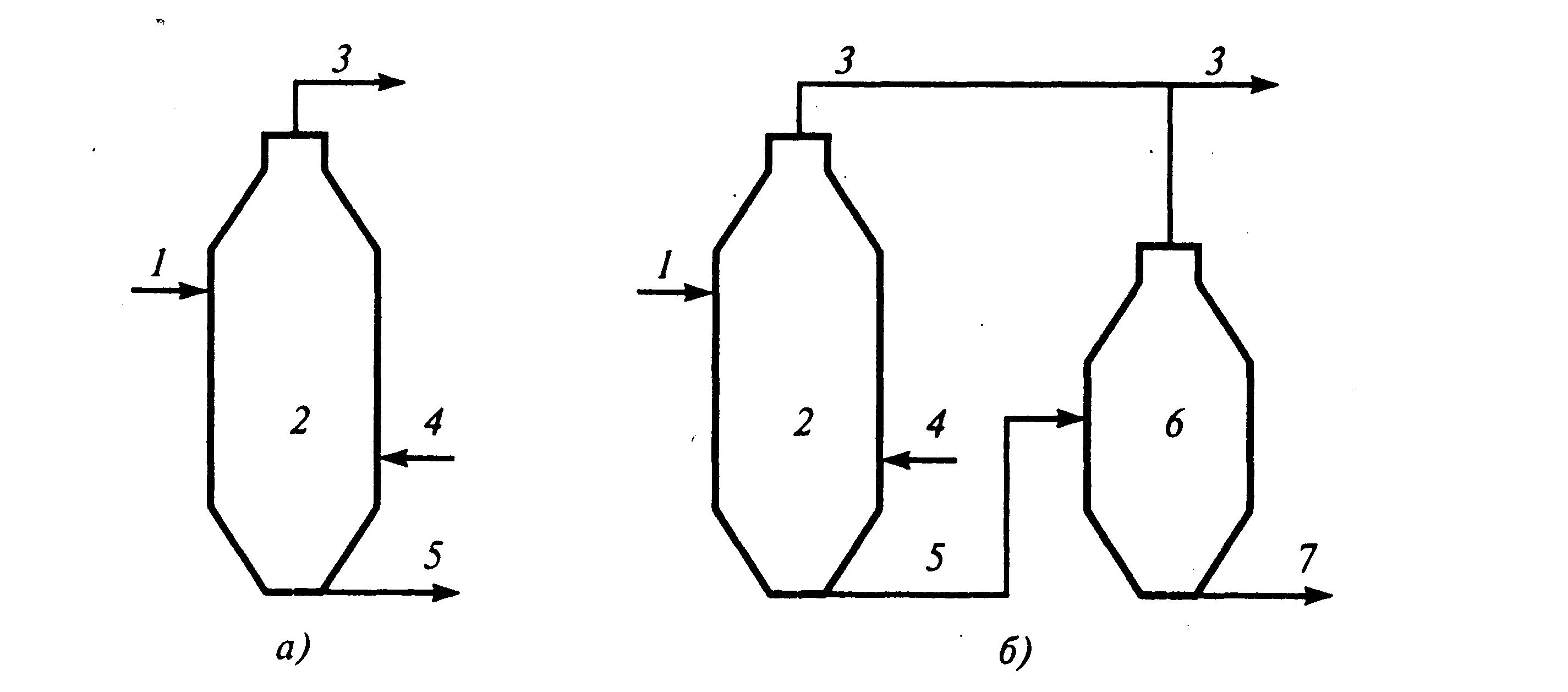
Анаэробное сбраживание – это процесс разложения органических веществ до конечных продуктов, в основном метана и углекислого газа, в результате жизнедеятельности сложного комплекса микроорганизмов в анаэробных условиях. При проведении этого процесса в оптимальных условиях указанные газы образуются в количестве 90 – 95% от биологически распавшегося органического вещества. Остальные 5 – 10% расходуется на воспроизводство бактериальных клеток. Рассматриваемый процесс применяют для обработки сырых осадков из первичных отстойников, избыточного активного ила или для их смеси.

Процесс, зависящий от многих физических (температура, концентрация сухого вещества, степень перемешивания, нагрузки по беззольному веществу, длительность сбраживания) и химических (рН, щелочность, концентрация летучих кислот, элементов питания и токсичных веществ) факторов.

Анаэробное метановое сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии:  стадия ферментативного гидролиза нерастворимых сложных органических веществ с образованием более простых растворимых веществ;  стадия кислотообразования с выделением короткоцепочных летучих жирных кислот (ЛЖК), аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа (кислотогенная стадия);  ацетоногенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту, диссоциирующую на анион ацетата и катион водорода;  метаногенная стадия – образование метана из уксусной кислоты, а также в результате реакции восстановления водородом углекислого газа.

Иногда первые две стадии объединяются в одну, и процесс рассматривается как трехстадийный. Процесс гидролиза осуществляется с участием биологических катализаторов (экзоферментов), которые выделяются в среду бактериями. В результате этого процесса твердые нерастворимые соединения переходят в растворенное состояние. Скорость гидролиза зависит от природы органических веществ и условий его проведения.

Ацетоногенная стадия осуществляется двумя группами ацетоногенных бактерий. Первая образует ацетат с выделением водорода из растворимых продуктов. Различают две принципиальные технологические схемы анаэробного сбраживания – одноступенчатое и двухступенчатое (многоступенчатое).



а – одноступенчатое сбраживание; б – двухступенчатое сбраживание;     1 – загрузка осадка; 2 – метатенк I ступени; 3 – биогаз; 4 – теплоноситель;      5 – выгрузка осадка из метатенка I ступени; 6 – метатенк II ступени;     7 – выгрузка сброженного осадка

Продолжительность процесса сбраживания в одноступенчатых метатенках достигает 30 – 50 сут. Эти устройства эксплуатируются практически без перемешивания и с небольшим подогревом. Для них характерен довольно глубокий распад органического вещества, загружаемого осадка (до 50%), хорошее расслоение осадка и его уплотнение в нижней части резервуара. Кроме того, в одноступенчатых метатенках появляется возможность отделения иловой воды и уменьшаются объемы сброженных осадков.

К высоким строительным затратам для устранения используют высоконагруженные метатенки, в которых интенсификация процесса сбраживания достигается за счет хорошего подогрева осадка, создания систем непрерывного перемешивания для равномерного распределения осадка и улучшения контактов микроорганизмов со сбраживаемым субстратом и перехода на непрерывную загрузку (или сокращаются интервалы между загрузками).

Высоконагруженные метатенки, предусматривают равномерную загрузку осадка во все резервуары метатенков по напорному трубопроводу. Одновременно с загрузкой исходного осадка под гидростатическим давлением происходит выгрузка из метатенка сброженного осадка. Подогрев и горизонтальное перемешивание осадка в метатенке осуществляют острым паром, а вертикальное перемешивание – центробежными насосами.

Конструктивно метатенки обычно представляют железобетонные или стальные вертикальные резервуары цилиндрической формы с жестким перекрытием и коническим или плоским днищем.

**Аэробная  стабилизация  осадков**

Аэробная стабилизация – процесс окисления органического вещества микроорганизмами – аэробами – в присутствии кислорода воздуха. Для проведения данного процесса обрабатываемые осадки в течение нескольких суток аэрируют воздухом. В отличие от анаэробного сбраживания аэробная стабилизация осадков протекает в одну стадию:

С5H7NO2 + 7O2 → 5CO2↑ + 3H2O + H+ + NO-3  (8.15)

С5H7NO2 + 5O2 → 5CO2↑ + 2H2O + NH3↑   (8.16)

(NH3 биологически окисляется до NO-3), где С5Н7NO2 – химическая формула биомассы.

Процесс аэробной стабилизации осадков подобен процессу очистки сточных вод в аэротенках при помощи активного ила. Распад беззольного вещества лежит в пределах от 5 до 50%. Причем жиры распадаются на 65 – 75%, а белки – на 20 – 30%. Следует отметить, что содержание углеводов не уменьшается. Это связано с образованием полисахаридов в клетках микроорганизмов.

Процесс аэробной стабилизации может осуществляться как в мезофильной (t = 10 – 42 °С), так и в термофильной (t > 42 °С) области, 1 – решетки; 2 – песколовки; 3 – первичные отстойники; 4 – аэротенки;          5 – аэробный стабилизатор; 6 – вторичные отстойники; 7 – хлораторная;        8 – сброс очищенной воды; 9 – станция перекачки активного ила;                  10 – уплотнитель стабилизационной смеси; 11 – трубопровод активного ила; 12 – подача стабилизированного ила; 13 – иловые площадки на искусственном основании с дренажем; 14 – станция перекачки дренажной воды; 15 – подача дренажной воды на очистку; 16 – котельная; 17 – подача острого пара; 18 – установка для нагрева осадка острым паром;      19 – трубопровод сырого осадка; 20 – трубопровод подачи осадка в стабилизатор.

Для аэробной стабилизации могут быть использованы любые емкостные сооружения, существующие на станции, такие, как переоборудованные отстойники, уплотнители, аэротенки и др.Рассмотрим работу аэробного стабилизатора, включенного в данную технологическую схему. В стабилизатор подают нагретый осадок из первичных отстойников в количестве 1200 – 1500 м3/сут влажностью 97% и избыточный активный ил из верхнего канала аэротенков в количестве 1200 – 1300 м3/сут влажностью 98,8 – 99% при соотношении объемов осадка и ил 1 : 1. Продолжительность аэрации составляет 6 – 8 сут с интенсивностью     2,5 м3/м2 ⋅ ч. Температура процесса – 23 – 27 °С. Наиболее эффективно процесс аэробной стабилизации осадков может быть применен на предприятиях очистки сточных вод пропускной способностью до 50 тыс. м3/сут.

**Кондиционирование осадков. Реагентная и тепловая  обработка**

Цель кондиционирования – улучшение водоотталкивающих свойств осадков путем изменения их структуры и форм связи воды.

От условий кондиционирования зависит производительность обезвоживающих аппаратов, чистота отделяемой воды и влажность обезвоженного осадка.

Кондиционирование – дорогостоящая операция. В технологической схеме «уплотнение – кондиционирование – обезвоживание» на долю кондиционирования приходится от 40 до 60% общей стоимости обработки.

Для кондиционирования осадков используют следующие способы (перечислены в порядке убывания их распространения в практике очистки сточных вод); реагентная обработка, тепловая обработка, жидкофазное окисление, замораживание и оттаивание.

**Реагентная обработка** – наиболее известный и распространенный способ кондиционирования. При реагентной обработке происходит коагуляция – процесс агрегации тонкодисперсных и коллоидных частиц, образование крупных хлопьев с разрывом сольватных оболочек и изменением форм связи воды, что приводит к изменению структуры осадка и улучшению его водоотдающих свойств. Для проведения реагентной обработки используют минеральные и органические соединения – коагулянты и флокулянты.

Основные минеральные коагулянты, используемые при реагентной обработке осадков, - это соли железа, алюминия и известь. Указанные реагенты вводят в обрабатываемый осадок в виде 10% растворов. Наиболее эффективным является хлорное железо, которое обычно применяют в сочетании с известью. Известь достаточно часто используется не только в сочетании с хлоридом железа, но и как самостоятельный коагулянт.

**Недостатками** вышеперечисленных минеральных реагентов является их дефицитность, высокая стоимость, коррозионность, а также трудности, возникающие при транспортировке, хранении, приготовлении и дозировании указанных коагулянтов.

Для кондиционирования осадков бытовых и в особенности промышленных сточных вод применяют также синтетические флокулянты, к основным достоинствам которых следует отнести отсутствие коррозионных свойств, хорошие санитарные условия эксплуатации сооружений, низкие затраты на транспортировку.

При реагентной обработке используют следующие категории флокулянтов: катионные, анионные и неионные (неионогенные). Для осадков, содержащих большое количество органических веществ (зольность 25 – 50%), целесообразно использовать только катионные флокулянты. Для осадков со средним содержанием органических веществ (зольность 55 – 65%) следует комбинировать катионные и анионные флокулянты. При малом содержании органических веществ (зольность 65 – 70%) следует применять преимущественно анионные соединения.

С увеличением молекулярной массы эффективность действия флокулянта повышается. Флокулянты обычно вводят в осадки в виде растворов концентрацией 0,01 – 0,5% по активной части сухой массы. Хорошие результаты при кондиционировании осадков дает комбинированное применение минеральных коагулянтов и синтетических флокулянтов.

**Тепловая обработка осадков** – перспективный метод переработки органических осадков городских и промышленных сточных вод с зольностью 30 – 40%.

Обрабатываемые осадки нагревают до 150 – 200 °С и выдерживают при этой температуре в закрытой емкости в течение 0,5 – 2 ч. В результате этой обработки происходит резкое изменение структуры осадка, около 40% сухого вещества переходит в раствор, а оставшаяся часть приобретает хорошие водоотталкивающие свойства. Осадок после тепловой обработки интенсивно уплотняется до влажности 92 – 94%, причем его объем составляет 20 – 30% от исходного объема.

Реакторы, в которых производят тепловую обработку осадков, обычно представляют собой вертикальные колонны, давление в которых поддерживается в пределах 2 – 2,5 МПа.

К **достоинствам** метода следует отнести незагрязненность осадков реагентами и их стерилизации, непрерывность процесса, компактность установки.

Основными **недостатками** рассмотренного метода являются сложность конструктивного оформления и эксплуатации установки.

**1.13. Лекция №13 (2час).**

**Тема: «Источники загрязнения литосферы»**

Литосфера загрязняется жидкими и твердыми загрязняющими веществами и отходами. Источники загрязнение почвы могут быть классифицированы следующим образом.

* **Жилые дома и коммунально-бытовые предприятия.** В составе загрязняющих веществ этой категории источников преобладают бытовой мусор, пищевые отходы, строительный мусор, отходы отопительных систем, пришедшие в негодность предметы домашнего обихода и т.п. Все это собирается и вывозится на свалки. Для крупных городов сбор и уничтожение бытового мусора на свалках превратили в трудноразрешимую проблему. Простое сжигание мусора на городских свалках сопровождается выделением ядовитых веществ.
* **Промышленные предприятия.** В твердых и жидких промышленных отходах постоянно присутствуют вещества, способные оказывать токсическое воздействие на живые организмы и растения. Например, в отходах металлургической промышленности обычно присутствуют соли тяжелых металлов. Машиностроительная промышленность выбрасывает в окружающую природную среду цианиды, соединения мышьяка, бериллия; при производстве пластмасс и искусственных волокон образуются отходы, содержащие фенол, бензол, стирол; при производстве синтетических каучуков в почву попадают отходы катализаторов, некондиционные полимерные сгустки; при производстве резиновых изделий в окружающую среду поступают пылевидные ингредиенты, сажа, которые оседают на почву и растения.
* **Транспорт.** При работе двигателей внутреннего сгорания интенсивно выделяются оксиды азота, свинец, углеводороды, оксид углерода, сажа и другие вещества, оседающие на поверхность земли или поглощаемые растениями.
* **Сельское хозяйство. Загрязнение почвы пестицидами** Загрязнение почвы в сельском хозяйстве происходит вследствие внесения огромных количеств минеральных удобрений и ядохимикатов. Известно, что в составе некоторых ядохимикатов содержится ртуть. Почва загрязняется также при использовании в сельском хозяйстве пестицидов (химические средства, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, вредителями зерна и зернопродуктов и тп). Известно, что нормальный рост растений определяется различными физическими, химическими и биологическими процессами, которые протекают в почве. При попадании в почву пестициды могут быть включены в эти процессы с их накоплением в растениях. Кроме того, они сохраняют устойчивость в почве длительное время, что также обуславливает их накопление в пищевых цепях.
* **Захоронение радиоактивных отходов.** В процессе ядерной реакции на атомных электростанциях лишь 0,5-1,5% ядерного топлива превращается в тепловую энергию, а остальная часть(98,5-99,5%) выгружается из атомных реакторов в виде отходов. Эти отходы представляют собой радиоактивные продукты расщепления урана - плутоний, цезий, стронций и другие.

**Основные направления защиты**

Наиболее рациональным способом защиты литосферы от отходов производства и быта является освоение специальных технологий по сбору и переработке отходов. В некоторых случаях производство отдельных видов товарной продукции из вторичного сырья (отходов) значительно проще и дешевле, чем из первичного природного сырья. Рациональной решение проблем защиты литосферы от промышленных отходов возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий и производств. Малоотходная и безотходная технология должны обеспечить:

* комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов на базе создания новых безотходных производств;
* 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 территориально-производственных комплексов и

экономических регионов.

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

**1.14. Лекция №14 (2час).**

**Тема: «Утилизация опасных отходов»**

**Метод гетерогенного катализа для обезвреживания отходов. Схемы термокаталитических реакторов**

Метод гетерогенного катализа применяют для обезвреживания газообразных отходов (термокаталитическое окисление, термокаталитичес-кое восстановление) и жидких отходов (парофазное каталитическое окисление).

*Термокаталитическое окисление* используют для обезвреживания газообразных отходов с низкой концентрацией горючих примесей, когда применение других термических методов связано с большими расходами топлива.

Процесс окисления на катализаторах осуществляют при температурах ниже температур самовоспламенения горючих составляющих отхода. При использовании активных катализаторов процесс окисления идет при 250 – 400 °С. Температура начала реакции окисления зависит в основном от природы окисляющихся примесей и активности катализатора. Наиболее низкие температуры начала реакции окисления характерны для катализаторов из металлов платиновой группы, а наиболее высокие – для оксидов металлов (алюминия, меди, хрома, марганца, кобальта и др.) и некоторых природных руд (боксит, пиролюзит). Применение дешевых катализаторов с высокой температурой начала реакции: окисления (менее активных) приводит к увеличению габаритов установок и повышенному расходу топлива, необходимого для поддержания более высокого температурного режима окисления.

В термокаталитических реакторах успешно окисляются оксид углерода, водород, углеводороды, аммиак, фенолы, альдегиды, кетоны, пары смол, канцерогенные и другие соединения с образованием СО2, Н2О, N2. Степень окисления этих веществ может быть очень высокой – до 98-99,9%. Катализаторы используют в виде сеток, листов и таблеток различной формы. Для увеличения удельной поверхности катализаторов и экономии дорогих металлов применяют керамические пористые носители из оксида алюминия и других материалов, также обладающих каталитической активность. Металл наносят также на сетки и перфорированные листы из жаростойкой стали. Средний срок службы катализаторов обычно составляет 1 – 3 года.

Температура газообразных отходов на входе в термокаталитический реактор должна быть не ниже температуры начала реакции окисления. Для этого их подогревают в теплообменниках за счет тепла отходящих из реактора газов. При малом адиабатическом разогреве газообразных отходов в реакторе (при низкой концентрации горючих компонентов в отходе) температурный напор в теплообменнике мал, и для требуемого подогрева газообразного отхода необходимы очень большие поверхности нагрева рекуперативных теплообменников. В этих случаях целесообразно либо повышать концентрацию горючих компонентов в отходах, добавляя к ним некоторое количество газообразного топлива, либо догревать газообразный отход после теплообменника (при умеренном его подогреве в теплообменнике) до необходимой температуры, подмешивая к нему продукты сгорания топлива (рис. 2,а,б).

Современные промышленные катализаторы глубокого окисления (алюмоокисномедные, алюмомеднохромовые, алюмомеднооксидные) устойчивы при температурах до 600 – 800 °С. При более высоких температурах катализаторы дезактивируются и механически разрушаются. Поэтому применение термокаталитического метода для обезвреживания газообразных отходов с высокой концентрацией горючих компонентов нецелесообразно. Разбавление газообразных отходов воздухом или дымовыми газами с целью снижения адиабатического разогрева приводит к увеличению расхода катализаторов и других затрат на обезвреживание. Отвод избыточного тепла из слоя катализатора существенно усложняет конструкцию и эксплуатацию термокаталитических реакторов.

**Пиролиз отходов. Схема реактора для сухого пиролиза**

Существуют следующие разновидности метода: окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов; сухой пиролиз.

**Окислительный пиролиз** – это процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании и непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Окислительный пиролиз является одной из стадий процесса газификации. Газообразные продукты разложения отходов смешиваются с продуктами сгорания топлива или части отходов, поэтому на выходе из реактора они имеют низкую теплоту сгорания, но повышенную температуру. Затем смесь газов сжигают в обычных топочных устройствах. В процессе окислительного пиролиза образуется твердый углеродистый остаток (кокс), в то время как твердый остаток процесса газификации является минеральным продуктом (зола и шлак). В дальнейшем кокс можно использовать в качестве твердого топлива или в других целях.

Метод окислительного пиролиза с последующим сжиганием пиролизных газов универсален в отношении фракционного состава и фазового состояния отходов, их влажности и зольности. Окислительному пиролизу могут быть подвергнуты многие производственные отходы, «неудобные» для сжигания или газификации. Этим методом можно ликвидировать вязкие, пастообразные отходы; влажные осадки; пластмассы; шламы с большим содержанием золы; загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю; сильно пылящие отходы с легко увлекаемыми газом частицами; отходы, содержащие соли и металлы, которые плавятся и возгораются при нормальных температурах сжигания; отработанные шины, кабели в измельченном состоянии; автомобильный скрап и т.п. [56-59]. Обычно окислительный пиролиз проводят при 600 - 900°С (температура нагрева отходов).

При сжигании газов пиролиза дымовые газы меньше загрязнены летучей золой и сажей, чем при прямом сжигании отходов, что позволяет использовать их без дополнительной очистки для выработки водяного пара и в других целях.

Окислительный пиролиз отходов осуществляют во вращающихс барабанных реакторах, в шахтных реакторах с вращающимся подом (по типу карусельных печей металлообрабатывающей промышленности), в многоподобых реакторах, в реакторах с псевдоожиженным слоем [53, 62].

**Сухая перегонка (сухой пиролиз**) – это метод термической переработки отходов, обеспечивающий их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию безотходных и малоотходных технологий и рациональному использованию природных ресурсов.

Под сухим пиролизом понимают процесс термического разложения отходов, твердого и жидкого топлива без доступа кислорода. В результате сухого пиролиза отходов образуются пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкие продукты и твердый углеродистый остаток. Количество и качество продуктов сухого пиролиза зависит от состава отходов и температуры процесса. В зависимости от температуры различают три вида сухого пиролиза: низкотемпературный пиролиз, или полукоксование (450 - 550°С), при котором максимален выход жидких продуктов и твердого остатка (полукокса) и минимален выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания; среднетемпературный пиролиз, или среднетемпературное коксование (до 800 °С), при котором выход газа увеличивается при уменьшении его теплоты сгорания, а выход жидких продуктов и коксового остатка уменьшается; высокотемпературный пиролиз, или коксование (900 – 1050 °С), при котором минимален выход жидких продуктов и твердого остатка и максимален выход пиролизных газов с минимальной теплотой сгорания.

Низкотемпературный пиролиз отходов осуществляют с целью получения первичной смолы – наиболее ценного источника жидкого топлива и различных химических продуктов. Сухой пиролиз некондиционных каучуков позволяет получать мономеры, которые могут быть вновь использованы в производстве синтетических каучуков. Полукокс содержит некоторое количество летучих и может быть использован в качестве энергетического и бытового топлива.

**Основной целью** высокотемпературного сухого пиролиза отходов является получение высококачественного горючего газа. При высокотемпературном сухом пиролизе первичные пары смолы и пиролизный газ, двигаясь через слой отходов и соприкасаясь с раскаленными стенками реактора и поверхностью уже образовавшегося кокса, подвергаются вторичным изменениям. Первичная легкая смола термически разлагается с выделением горючих газов, тяжелой смолы и смоляного кокса. Подвергается термическому разложению и первичный пиролизный газ. В результате этих процессов уменьшается выход смолы и содержание в ней легких ценных фракций. За счет разложения первичной смолы увеличивается выход пиролизного газа.

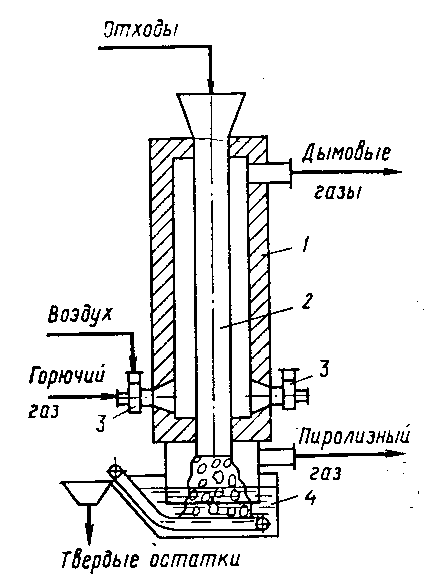


Рис. 5. Схема реактора для сухого пиролиза твердых отходов: 1 – кирпичная шахта; 2 – металлическая реторта; 3 – газовые горелки;   4 – узел гашения и удаления твердого остатка

Кокс, получаемый при сухом пиролизе отходов, можно использовать в различных целях, в зависимости от его состава и физических свойств. При пиролизе твердых отходов нефтеперерабатывающих производств кокс с зольностью до 50% после небольшой дополнительной обработки может быть применен в качестве заменителя природных и синтетических угдеродсодержащих материалов. Коксовый остаток после пиролиза осадков сточных вод можно использовать в качестве сорбента на станциях водоподготовки и очистки сточных вод. При пиролизе изношенных автомобильных покрышек получают газовую сажу, широко используемую в производстве резиновых технических изделий, пластмасс, типографских красок, пигментов. Возможны и другие направления использования твердого углеродистого остатка.

Сухой пиролиз отходов можно осуществлять в реакторах с внешним и внутренним обогревом. Внешний обогрев применяют в реакторах в виде вертикальных реторт, во вращающихся барабанных реакторах.

На рис. 5 в качестве примера приведена конструктивная схема реактора для сухого пиролиза твердых отходов. Реактор представляет собой вертикальную кирпичную шахту 1 с помещенной внутри нее ретортой 2. Предварительно измельченные отходы загружают в реторту, обогреваемую снаружи дымовыми газами. Газовые горелки 3 для отопления реактора расположены в нижней его части; выход дымовых газов предусмотрен в верхней части. Отходы движутся сверху вниз под действием силы тяжести; скорость их движения регулируется скоростью удаления твердого остатка из узла гашения 4. Процесс пиролиза непрерывен.

**Плазменный метод. Схема плазменного аппарата**

Плазменный метод применяют для обезвреживания жидких и газообразных отходов двумя путями: плазмохимической ликвидацией особо опасных высокотоксичных отходов, плазмохимической переработкой отходов с целью получения товарных продуктов.

Особо токсичные, канцерогенные и другие опасные отходы, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде и почве, могут подвергаться обезвреживанию в плазме. При температурах выше 4000°С за счет энергии электрической дуги в плазмотроне молекулы кислорода и отходов расщепляются на атомы, радикалы, электроны и положительные ионы. При остывании в плазме протекают реакции с образованием простых соединений СО2, Н2О, HCl, HF, Р4О10 и др.Высокие затраты энергии и сложность проблем, связанных с плазмохимической технологий, предопределяют ее применение для ликвидации только тех отходов, огневое обезвреживание которых не удовлетворяет экологическим требованиям.

Плазмообразующий газ (водород, азотоводородная смесь и др.) нагревается электрической дугой в плазмотроне 1 до 4000 – 5000 К. Образующаяся низкотемпературная плазма из сопла плазмотрона поступает в плазмохимический реактор 2, куда форсунками впрыскиваются хлорорганические отходы. При смешении отходов с плазмой происходит их испарение, термическое разложение (пиролиз) с получением олефиновых углеводородов, хлороводорода и технического углерода (сажи). Пиролизный газ подвергают скоростной закалке в закалочном устройстве 3, а затем охлаждают, очищают от сажи, осуществляют селективную очистку от гомологов ацетилена и углеводородов С3 и С4. Очищенный газ направляют на синтез хлорорганических продуктов. Процесс является замкнутым, безотходным.

**Огневой метод ликвидации отходов**

Метод огневого обезвреживания и переработки жидких, твердых, пастообразных и газообразных отходов наиболее универсален, надежен и эффективен по сравнению с другими термическими методами. Сущность его заключается в сжигании горючих отходов или огневой обработке негорючих отходов высокотемпературными (более 1000°С) продуктами сгорания топлива. Токсичные компоненты подвергаются окислению, термическому разложению и другим химическим превращениям с образованием безвредных газов (СО2, Н2О, N2) и твердых остатков (оксидов металлов, солей).

Классификация огневого метода:

1. Сжигание отходов, способных гореть самостоятельно (горючих отходов) – наиболее простой и надежный метод их обезвреживания. Для обеспечения устойчивого процесса горения сжигание отходов осуществляют при температуре отходящих газов не ниже 1200 – 1300°С.

2. Огневой окислительный метод обезвреживания негорючих отходов. Отход вводят в поток высокотемпературных продуктов сгорания топлива. При смешении газообразного отхода с дымовыми газами происходит его нагрев и окисление горючих компонентов за счет кислорода дымовых газов или кислорода, содержащего в отходе. Процесс окисления обычно протекает без формирования фронта пламени. Метод применяют для обезвреживания негорючих газообразных отходов с достаточно высокой концентрацией горючих примесей, а также во всех тех случаях, когда невозможно каталитическое окисление.

*Огневое окислительное обезвреживание твердых и пастообразных отходов включает следующие стадии: нагрев и сушку отходов, нагрев с термическим разложением и выделением летучих, зажигание и горение летучих, горение коксового остатка. Процесс сопровождается образованием золы и шлака, дожиганием горючих компонентов в отходящих газах и дожиганием кокса в крупных очаговых остатках.*

 1. Огневой восстановительный метод отличается от огневого окислительного проведением процесса обезвреживания (или только стадии огневой обработки) в восстановительной среде (при отсутствии свободного кислорода в печной атмосфере). Метод используют, например, при обезвреживании газообразных отходов, содержащих оксиды азота.

В зависимости от целого назначения возможны три разновидности огневого обезвреживания производственных отходов:

1. *Огневая ликвидация отходов* – уничтожение отходов без получения каких-либо побочных продуктов, пригодных для дальнейшего использования в качестве сырья или товарных продуктов. При этом токсичный отход превращается в безвредные дымовые газы и стерильный шлак.

*2*. *Огневая переработка отходов* предназначена в первую очередь для обезвреживания жидких отходов, шламов и некоторых твердых отходов с целью их ликвидации и получения одного или нескольких побочных продуктов.

3. Огневая регенерация отходов предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов.

**Аппараты огневого обезвреживания и переработки отходов. Слоевые топки**

Твердые отходы (бумажные мешки, ветошь, деревянная тара и другие отходы, пропитанные органическими веществами) сжигают в печи, изображенной на рис.1. Это двухкамерная печь с перевальной стенкой; в первой камере осуществляется сжигание твердых отходов в слое на неподвижной колосниковой решетке, во второй – дожигание газообразных горючих компонентов. Печь футерована кирпичом и заключена в металлический каркас. Отходы загружают в печь через бункер, расположенный над ней. Бункер снабжен заслонкой типа мигалки, которая автоматически закрывают его после загрузки. Печь оборудована горелкой для сжигания дополнительного топлива.

На рис. 2.2 представлена схема печи с неподвижной ступенчатой колосниковой решеткой для сжигания твердых отходов. Отходы из бункера 1 через шахту 2 попадают на наклонную или ступенчатую колосниковую решетку 8. Слой отходов 9 под действием собственного веса медленно сползает по решетке к месту выгрузки золы. Органические составляющие отходов сгорают частично в слое, а частично над слоем 5, куда дополнительно подается вторичный воздух через сопло 3. Основное количество воздуха 7 поступает под решетку. Несгоревшие органические вещества вместе с дымовыми газами проходят огнеупорную насадку 4, предназначенную для турбулизации газового потока, и дожигаются в камере 6. Золу удаляют из печи вручную.

Низкие удельные нагрузки по обезвреживаемым отходам, сложность организации топочного процесса, громоздкость и металлоемкость, наличие дорогостоящей решетки, повышенные требования к механизации топочных устройств, высокие капитальные и эксплуатационные расходы, а также другие недостатки слоевых топок не позволяют широко использовать их для сжигания твердых отходов и осадков сточных вод.

**Барабанные вращающиеся печи**

Барабанные вращающиеся печи широко применяют для огневого обезвреживания твердых отходов и обезвоженных осадков сточных вод.

Подлежащие сжиганию твердые отходы (упаковочный материал, пластмассы и др.) с помощью грейфера подают в печь через загрузочную воронку и лоток. Обычно поверхность футеровки гладкая, сжигаемый материал скользит по ней, не переворачиваясь, поэтому для эффективного выгорания органических веществ требуется барабан значительной длины, в ряде случаев 15 – 25 м. Тем не менее наблюдается повышенный недожог органических веществ в дымовых газах, поэтому на выходе из печи устанавливают камеру дожигания, служащую камерой осаждения золы.

Для огневого обезвреживания сухих твердых отходов и обводненных твердых или пастообразных отходов в одном агрегате разработана вращающаяся печь (рис. 2), снабженная камерой предварительной термической обработки насыщенных влагой отходов. Камера предварительной термической обработки снабжена внутренним винтовым гребнем, обеспечивающим движение отходов в камере в направлении, обратном движению их в барабане.

Недостатками вращающихся барабанных печей являются низкая удельная тепловая и массовая нагрузка топочного объема, высокие капитальные и эксплуатационные расходы. Футеровка печи при вращении находится в условиях частой смены температуры, что вызывает образование в ней трещин и быстрый выход из строя. Кроме того, с целью уменьшения массы барабана выполняют футеровку небольшой толщины, что вызывает увеличение теплопотерь и перерасход дополнительного топлива на процесс обезвреживания.

В то же время в технологическом отношении барабанные вращающиеся печи являются наиболее универсальными аппаратами для сжигания крупнодисперсных отходов переменного состава и различной консистенции.

**Многоподовые печи для сжигания осадков**

Печь представляет собой вертикальную цилиндрическую стальную камеру, футерованную огнеупорными материалами и имеющую несколько горизонтальных огнеупорных подов, размещенных друг над другом.К проходящему через всю печь центральному валу над каждым подом прикреплены радиальные мешалки – от двух до четырех на под. Каждая мешалка имеет несколько зубьев или плугов, сгребающих осадок при вращении мешалки. Осадок загружается у периферии верхнего пола, сгребается к центру и опускается во второй под. Здесь он сгребается к отверстиям на периферии, через которые попадает на следующий под. Чередующиеся (центральные и периферийные) отверстия подов и встречное движение восходящего газового потока и опускающегося осадка обеспечивают контакт между горячими дымовыми газами и загружаемым осадком, что способствует полному сжиганию отхода.

В многоподовой печи можно выделить четыре зоны: первая (верхние поды) – зона высушивания, где испаряется большая часть влаги; вторая (средние поды) – зона горения; в третьей зоне происходит дожигание органических веществ в шлаке; четвертая (нижние поды) – зона охлаждения шлака воздухом. Последовательность зон всегда неизменна, но число подов в каждой зоне зависит от качества загружаемого отхода, конструкции печи и условий процесса обезвреживания.

К **недостаткам** **многоподовых** **печей** следует отнести низкие удельные тепловые и массовые нагрузки топочного объема, приводящие к увеличению габаритов установки; плохой контакт окислителя с частицами осадков (поскольку отработанные газы проходят не через горящий слой отходов, а только над медленно перемешивающимся слоем); наличие вращающихся элементов в зоне высоких температур газов; необходимость применения дорогостоящих жаростойких материалов для изготовления полового вала и скребковых мешалок, подвергающихся воздействию высоких температур и коррозионной среды; необходимость частой замены скребковых зубьев вследствие прогорания их в местах погружения в горящий слой осадков и механической поломки; высокие капитальные и эксплуатационные затраты .

**Камерные печи**

Простейшим аппаратом для огневого обезвреживания газообразных и жидких отходов является камерная печь (рис. 1), оборудованная горелочными устройствами для сжигания жидкого или газообразного топлива, форсунками для распыливания жидких отходов и соплами для подачи газовых выбросов. Печь представляет собой разделенную двумя перевальными стенками прямоугольную камеру из шамотного кирпича с тепловой изоляцией.

Камерные печи без теплообменников для подогрева компонентов горения требуют повышенных расходов топлива. Применение их оправдано только при обезвреживании малых количеств газообразных отходов с высокой концентрацией горючих компонентов. Такие печи дешевы, просты в изготовлении, надежны в эксплуатации.

При больших объемах обезвреживаемых газообразных отходов необходимо использовать теплоту отводящих газов для подогрева отходов и дутьевого воздуха. Для этой цели применяют чаще всего рекуперативные теплообменники, в которых передача теплоты происходит непрерывно через разделительную стенку (рис. 2, б). С повышением температуры подогрева газообразных отходов и дутьевого воздуха сокращается расход топлива на процесс, но возрастают затраты на сооружение теплообменников вследствие увеличения их поверхности нагрева. Кроме того, с повышением температуры подогрева сокращается срок службы теплообменников и для их изготовления требуются дорогие и дефицитные жаростойкие стали.

В качестве регенеративной насадки можно использовать дешевые материалы – дробленые огнеупоры (например, шамот). Развитые поверхности нагрева в насадках обеспечивают более глубокое охлаждение отходящих газов и высокий подогрев отходов, что заметно сокращает расход топлива на процесс обезвреживания (по сравнению с применением рекуперативных теплообменников). Керамические насадки могут надежно работать и при наличии в дымовых газах агрессивных компонентов. Регенеративные насадки способствуют более полному окислению горючих компонентов отхода, особенно, если обладают каталитической активностью.

**Реакторы с псевдоожиженным слоем для сжигания осадков**

Для огневого обезвреживания жидких, твердых и пастообразных отходов применяют реакторы с псевдоожиженным слоем.Принцип работы реакторов с псевдоожиженным слоем состоит в подаче горючих газов (воздуха) через слой инертного материала (песок с размером частиц 1 – 5 мм), поддерживаемого колосниковой решеткой. При критической скорости потока газа инертный слой переходит во взвешенное состояние, напоминающее кипящую жидкость. Поступивший в реактор отход интенсивно перемешивается с инертным слоем, при этом существенно интенсифицируется теплообмен.

Псевдоожижение слоя материала может быть осуществлено в реакторах различных конструкций с горизонтальными перфорированными перегородками, предназначенными для поддержания материала до и после псевдоожижения, а также для равномерного распределения ожижающего агента по сечению аппарата (рис. 1), реактор с псевдоожиженным слоем для сжигания осадков изготовляют диаметром от 2,7 до 9 м. Осадки подают в реактор либо над слоем  инертного носителя (песка), либо непосредственно в слой. Обычно осадки бытовых сточных вод подают в слой носителя.

Процессы в псевдоожиженном слое проводят при температурах, не приводящих к расплавлению или спеканию реагирующих материалов.

Дожигание газов над псевдоожиженным слоем позволяет устранить продукты неполного горения в дымовых газах. В то же время практически на всех действующих установках наблюдается повышенный механический недожог в золе.

Целесообразность сжигания осадков сточных вод методом псевдоожижения следует определять с учетом его достоинств и недостатков. К основным достоинствам метода относятся: интенсивное перемешивание твердой фазы, приводящее практически к полному выравниванию температур, концентрации и других параметров по объему псевдоожиженного слоя; благоприятные гидродинамические условия, определяемые повышенной относительной скоростью газа; развитая поверхность частиц осадков, обеспечивающая достаточно высокую удельную производительность слоя; небольшое гидравлическое сопротивление слоя; возможность использования довольно крупных частиц осадков; отсутствие движущихся и вращающихся частей; сравнительно простое устройство реактора и возможность автоматизации процесса обезвреживания.

К наиболее существенным недостаткам метода псевдоожижения осадков относятся: неравномерность времени пребывания в слое обрабатываемых частиц твердой фазы (например, в равной степени возможны проскок частиц и их нахождение в слое дольше среднестатистического времени пребывания); возможность слипания и спекания твердых частиц; необходимость установки мощных пылеулавливающих устройств на выходе дымовых газов из слоя, особенно при разнообразном гранулометрическом составе твердой фазы; необходимость во многих случаях подогрева ожижающего агента и установки рекуператоров из легированных сталей; ограниченность рабочих скоростей ожижающего агента пределами, соответствующими началу псевдоожижения твердой фазы и ее уносу из слоя.

Наиболее целесообразно применение реакторов с псевдоожиженным слоем для сушки и упаривания сточных вод и растворов, содержащих только минеральные вещества.

**Свойства ТБО. Варианты утилизации**

Твердые бытовые отходы (ТБО) являются отходами сферы потребления, образующимися в результате бытовой деятельности населения. Они состоят из изделий и материалов, непригодных для дальнейшего использования в быту.

Важным показателем свойств ТБО является плотность. ТБО обладает механической, структурной связностью за счет волокнистых фракций (текстиль, проволока и т.д.) и сцепления, обусловленного наличием влажных липких компонентов.

За счет наличия твердых балластных фракций (фарфор, стекло) ТБО (и компост) обладают абразивностью – свойством истирать соприкасающиеся с ними взаимоперемещающиеся поверхности.

ТБО обладают слеживаемостью, т.е. при длительной неподвижности теряют сыпучесть и уплотняются (с возможностью выделения фильтрата) без всякого внешнего воздействия.

**Варианты утилизации ТБО** можно рассматривать следующие альтернативные варианты обезвреживания и переработки отходов:

сокращение отходов;

компостирование отходов;

брикетирование;

мусоросжигание;

 рисайклинг;

захоронение ТБО.

**Компостирование и брикетирование твердых бытовых отходов**

*Компостирование* – это технология переработки отходов, основанная на их естественном биоразложении. Наиболее широко компостирование применяется для переработки отходов органического – прежде всего растительного – происхождения, таких как листья, ветки и скошенная трава. Существуют технологии компостирования пищевых отходов, а так же неразделенного потока ТБО.

В практике применяют также две принципиальноые схемы полевого компостирования: с предварительным дроблением ТБО и без предварительного дробления. В первом случае для измельчения ТБО используют специальные дробилки, во втором – измельчение (менее эффективное) происходит за счет многократного перелопачивания компостируемого материала.

*Брикетирование ТБО* – сравнительно новый метод в решении проблемы их удаления. Брикеты, широко применяющиеся уже в течение многих лет в промышленности и сельском хозяйстве, представляют собой одну из простейших и наиболее экономичных форм упаковки. *Брикет* – это заданных размеров, формы и веса кусок материала заданного состава с требуемыми полезными свойствами.

Компоненты, включаемые в составы брикетируемых смесей, способы воздействия на эти компоненты и смеси определяют свойства брикетов и сферы их применения:

• использование брикетов в виде энергоносителей,

• энергоносителей-восстановителей,

• сорбентов и технологического сырья.

**Мусоросжигание. Рисайклинг**

*Мусоросжигание* – это наиболее сложный и "высокотехнологичный" вариант обращения с отходами. Сжигание неразделенного потока отходов в настоящее время считается чрезвычайно опасным.

Сжигание позволяет примерно в 3 раза уменьшить вес отходов, устранить некоторые неприятные свойства: запах, выделение токсичных жидкостей, бактерий, привлекательность для птиц и грызунов, а также получить дополнительную энергию, которую можно использовать для получения электричества или отопления.

Рассматривать сжигание отходов, как основной метод их утилизации, нельзя, т.к. помимо негативных сторон процесса (сложность оборудования, наличие дымовых газов и т.п.) происходит потеря отходов как сырьевого ресурса. Применение мусоросжигательных заводов экономически не выгодно. Мусоросжигательные заводы реально использовать только для уничтожения медицинских отходов, непригодных к другим методам утилизации . Мусоросжигание может быть только одним из компонентов комплексной программы утилизации.

*Рисайклингом* называют рационализированную систему сбора и переработки компонентов ТБО в продукты, имеющие потребительскую стоимость. Технологическая цепочка рисайклинга начинается с раздельного сбора и идентификации отходов, пригодных для повторной переработки. Затем следует сортировка по типу сырья (стекло, пластик, бумага/картон, металлы, резина и т.д.). Другая часть отходов (пищевых, древесина, листва – иначе говоря, все, что способно перегнивать) идет на компостирование или опять-таки в переработку.

**Захоронение ТБО. Свалки. Полигоны**

Основным способом утилизации ТБО в России является их захоронение на свалках и полигонах (их называют санитарными). Отечественные мусорные свалки, как правило, представляют собой серьезнейшую опасность как загрязнители окружающей среды. Сплошь и рядом они оборудуются и заполняются с нарушением установленных (кстати, не столь уж жестких) норм, а места для них подчас выбираются без должной гидрологической проработки. Еще большую опасность представляют “дикие”, несанкционированные свалки . Как было рассмотрено выше, основная масса ТБО приходится на долю органических компонентов (до 80 %). Пищевые отходы привлекают птиц, грызунов, животных, трупы которых являются источником болезнетворных микроорганизмов. Атмосферные осадки, солнечное тепло, разогревание свалки и тепло от пожаров (в том числе подземных) способствует протеканию на свалках ТБО непредсказуемых физико-химических и биохимических процессов, продуктами которых являются многочисленные токсические химические соединения в жидком, твердом и газообразном состоянии. В процессе хранения отходы способны превращаться в другие вещества с другими физико-химическими и токсическими свойствами. Это приводит к появлению на свалках отходов новых экологически опасных веществ, что может представить серьезную угрозу биосфере, существованию человека. Биогенное воздействие ТБО на ОС выражается в том, что отходы создают благоприятные условия для размножения насекомых, птиц, грызунов, млекопитающих, микроорганизмов. Это приводит к разносу бактерий и вирусов на огромные расстояния. Захоронение на полигонах продолжает оставаться необходимым для отходов, не поддающихся вторичной переработке, несгораемых или сгорающих с выделением токсичных веществ.

*Полигоны ТБО* – специальные сооружения, предназначенные для изоляции и обезвреживания ТБО, и должны гарантировать санитарно-эпидемиологическую безопасность населения.

Безопасная эксплуатация полигона подразумевает следующие меры:

• процедуры исключения опасных отходов и ведение записи по всем принимаемым отходам и точным координатам их захоронения;

• обеспечение ежедневного покрытия сваливаемых отходов грунтом или специальной пеной для предотвращения разноса отходов;

• борьбу с переносчиками болезней (крысами и т.д.) обычно обеспечивается использованием ядохимикатов;

•откачку взрывоопасных газов из недр свалки (затем метан может быть использован для производства электричества - по всей Великобритании подобные установки производят 80 МВт), для этого в нее должны быть встроены специальные вертикальные перфорированные трубы;

• на полигон должен осуществляться только контролируемый доступ людей и животных - периметр должен быть огорожен и охраняться;

• гидротехнические сооружения должны минимизировать попадание дождевых стоков и поверхностных вод на полигон, а все поверхностные стоки с полигона должны направляться на очистку; жидкость, которая выделяется из отходов не должна попадать в подземные воды - для этого создаются специальные системы гидроизоляции.

**Основные требования при проектировании полигона**

Полигоны, размешаются за пределами городов и других населенных пунктов. Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона 500 м.

По гидрогеологическим условиям лучшими являются участки с глинами или тяжелыми суглинками и грунтовыми водами, расположенными на глубине более 2 м. Исключается использование под полигон  болот глубиной более 1 м;  участков с выходами грунтовых вод в виде ключей;  участков, затопляемых паводковыми водами территорий, районов геологических разломов;  земельных участков, расположенных ближе 15 км от аэропорта.

Под полигоны отводятся отработанные карьеры, свободные от ценных пород деревьев, участки в лесных массивах, овраги и другие территории.

Проектируемая вместимость полигона рассчитывается для обоснования требуемой площади участка складирования ТБО. Требуемая для отвода площадь участка складирования ТБО определяется делением проектируемой вместимости полигона в м3 на среднюю высоту складирования отходов в метрах с учетом их уплотнения.

Основными элементами полигона являются: подъездная дорога, участок складирование ТБО, хозяйственная зона, инженерные сооружения и коммуникации. Основное сооружение полигона – участок складирования ТБО. Он занимает основную (да 95%) площадь полигона, в зависимости от объема принимаемых ТБО. На участке складирования проектируемся устройство котлована с целью получения грунта для промежуточной и окончательной изоляции. Средняя глубина котлована, отрываемого в основании полигона, рассчитывается из условия баланса земельных работ и уровня грунтовых вод. Уровень грунтовых вод должен быть на 1 м ниже днища котлована.

Хозяйственная зона проектируется для размещения: административно-бытового корпуса, контрольно-пропускного пункта совместно с пунктом стационарного радиометрического контроля, весовой, гаражи и площадки с навесами и мастерскими для стоянки и ремонта машин и механизмов, склада горюче-смазочных материалов, складов для хранения энергоресурсов, строительных материалов, спецодежды, хозяйственного инвентаря и др., объектов и линий электроснабжения и других сооружений.

На полигоне выполняются следующие основные виды работ: прием, складирование и изоляция ТБО.

На полигоне организуется бесперебойная разгрузка мусоровозов. Прибывающие на полигон мусоровозы разгружаются у рабочей карты. Площадка разгрузки мусоровозов перед рабочей картой разбивается на два участка. На одном участке разгружаются мусоровозы, на другом работают бульдозеры или катки-уплотнители.

*Рекультивация закрытых полигонов* – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности восстанавливаемых территорий, а также на улучшение окружающей среды. Рекультивация проводится по окончании стабилизации закрытых полигонов – процесса упрочнения свалочного грунта, достижения им постоянного устойчивого состояния. Направления рекультивации определяют дальнейшее целевое использование рекультивируемых территорий в народном хозяйстве.

Наиболее приемлемы для закрытых полигонов сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рекреационное и строительное направление рекультивации.

Рекультивация полигона выполняется в два этапа технический и биологический.

*Технический этап* рекультивации включает исследования состояния свалочного тела и его воздействия на окружающую природную среду, подготовку территории полигона (свалки) к последующему целевому использованию. *Биологический этап* рекультивации включает мероприятия по восстановлению территории закрытых полигонов для их дальнейшего целевого использования в народном хозяйстве. К нему относится комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий направленных на восстановление нарушенных земель. Биологический этап осуществляется вслед за техническим этапом рекультивации.

**Радиационные отходы. Их классификация**

К радиоактивным отходам (РАО) относят вещества в газообразном, жидком и твердом отвержденном) агрегатном состоянии, непригодные к дальнейшему использованию и содержащие радионуклиды в количестве, превышающем установленное действующими нормами и правилами. На всех этапах обращения с РАО (включая хранение и захоронение) необходимо сводить к минимуму загрязнение окружающей среды и облучение населения. Эти факторы радиационного воздействия зависят от физико-химического и радионуклидного состава РАО.

Радиоактивные отходы по агрегатному состоянию подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

К жидким радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения уровней вмешательства при поступлении с водой, приведенные в приложении П-2 НРБ-99 [24].

К твердым радиоактивным отходам относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы.

К газообразным радиоактивным отходам относятся не подлежащие использованию радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при производственных процессах с объемной активностью, превышающей ДОА.

Жидкие и твердые радиоактивные отходы подразделяются по удельной активности на 3 категории (таблица 27). В случае, когда по приведенным характеристикам радионуклидов таблицы 27 отходы относятся к разным категориям, для них устанавливается наиболее высокое значение категории отходов.

Для оперативного контроля и предварительной сортировки твердых отходов, образующихся при работе АС, рекомендуется использование критериев по уровню радиоактивного загрязнения (таблица 28) и по мощности дозы гамма излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности [43, 45]:

- низкоактивные – от 10-3 мЗв/ч до 0,3 мЗв/ч;

- среднеактивные – от 0,3 мЗв/ч до 10 мЗв/ч;

- высокоактивные – более 10 мЗв/ч.

**Захоронение  радиоактивных отходов в подземных хранилищах и могильниках**

*Радиоактивные отходы* - это ядерные материалы и радиоактивные вещества, дальнейшее использование которых не предусматривается. Отходы являются главным долгоживущим источником облучения населения, связанным с атомной энергетикой.

Сбор, переработка и захоронение радиоактивных отходов осуществляется отдельно от других видов отходов. Перед утилизацией изотопы разделяют по степени активности, периоду полураспада и т.п. Для сокращения объема отходов их упаривают, сжигают, прессуют и т.п. Для предотвращения миграции радиоактивных изотопов с грунтовыми водами малоактивные отходы фиксируют с помощью битума или цемента в блоки, подлежащие дальнейшему захоронению. Высокоактивные отходы остекловывают.

Захоронение твердых, или отвержденных радиоактивных отходов осуществляется  в специальных сооружениях, называемых могильниками радиоактивных отходов. Радиационный контроль при захоронении отходов радиоактивных веществ, а также номенклатура контролируемых параметров должны проводиться в строгом соответствии с требованиями норм ГОСТ. Захоронение должно проводиться в специально отведенных местах (полигонах), на незатопляемых участках с низким уровнем грунтовых вод, обязательно по согласованию с органами Государственного санитарного надзора, с учетом требований по охране окружающей среды и правил радиационной безопасности. Жидкие токсичные отходы перед вывозом на полигон должны быть обезвожены на предприятиях.

Пункт захоронения должен располагаться не ближе 20 км от городов в районе, не подлежащем застройке, с санитарно-защитной зоной не менее 1 км от населенных пунктов и мест постоянного пребывания скота.

Сброс радиоактивных веществ в составе сточных вод запрещен.

Подземные хранилища имеют ряд несомненных преимуществ с точки зрения обеспечения безопасности хранения агрессивных сред по сравнению с аналогичными наземными сооружениями. С этой целью используют массивы прочных необводнённых горных пород со слабой водопроницаемостью (граниты, базальты, диабазы, габбро, гнейсы), а также массивы глин и каменных солей. Наиболее оптимальным является использование отработанных шахт и рудников по добыче полезных ископаемых, расположенных в массивах скальных изверженных нетрещиноватых горных пород на глубине свыше 1 км.

Для хранения отработанного ядерного топлива могут использоваться хранилища бассейного типа. Конструктивно хранилище представляет собой две прямоугольные камеры, облицованные изнутри сталью. Отработанное топливо хранится в ёмкостях под защитным слоем воды.

На рис. 2.112 представлена принципиальная схема подземного сооружения, предназначенного для длительного хранения ядерных энергетических установок морских судов.

Наибольшую опасность при длительном хранении радиоактивных отходов представляют: возможность самопроизвольной неуправляемой ядерной реакции, сопровождающейся повышенными температурой и давлением на конструктивные элементы сооружений, пожарами, взрывами. Всё это влечет за собой выбросы радиоактивных материалов на поверхность и повышение радиоактивности в районе, прилегающем к хранилищу;

возможность утечки радиоактивности без возникновения неуправляемых ядерных реакций. Причинами этого могут быть: нарушение\_гидроизоляции при хранении жидких радиоактивных отходов или проникновение в хранилище грунтовых вод, нарушение изоляционных свойств конструкций и т.п.;

природные и техногенные аварии: ураганы, штормы, оползни, обвалы, сейсмические воздействия, ошибки персонала, падения космических тел и летательных аппаратов, диверсии и т.п.

**Сооружение хранилищ радиоактивных отходов**

Хранилища должны быть оборудованы резервными емкостями для приема ЖРО. Конструкция емкостей для сбора и временного хранения ЖРО должна исключать возможность утечки радиоактивных растворов в грунт и попадания их в подземные воды. Они должны иметь надежную гидроизоляцию, например, банка в банке, с обеспечением удаления протечек из поддонов, оборудованных автоматической сигнализацией наличия уровня жидкости. Емкости должны иметь дублированный контроль за уровнем в них воды и пульпы, устройства для взятия проб с различной глубины, систему перекачки растворов и пульпы из одной емкости и на переработку, а также вентиляцию, присоединенную к системе газовых сдувок, находиться под разрежением. Наблюдательные скважины в окружении хранилищ жидких радиоактивных отходов должны располагаться на расстоянии 5-10 м от здания. Необходимость заложения более удаленных скважин определяется в каждом случае в зависимости от гидрогеологических условий и наличия радиоактивного или химического загрязнения в пробах воды, отобранных из ближайших наблюдательных скважин [48].

Направление потоков грунтовых вод в районе размещения ХЖО и места размещения наблюдательных скважин должно изучаться на стадии проекта. Представительность проб, отбираемых в наблюдательных скважинах, должна быть обоснована в проекте.

Образующиеся наАС жидкие радиоактивные отходы подлежат переработке с целью перевода их в формы, пригодные для транспортировки и захоронения.

Горючие ЖРО должны сжигаться в установках сжигания этих отходов с очисткой образующихся газов от радиоактивных и других вредных веществ.

Требования к временному хранению и транспортировке радиоактивных сред должны быть аналогичны требованиям, предъявляемым к хранению и транспортировке радиоактивных отходов, соответствующего уровня радиоактивного загрязнения и должны быть обоснованы в проекте.

Твердые радиоактивные отходы временно хранятся в хранилищах твердых радиоактивных отходов (ХТРО), оборудованных механическими устройствами загрузки и выгрузки отходов. Отсеки ХТРО должны быть оборудованы вентиляцией, системами пожаротушения и пожарной сигнализацией, иметь гидроизоляцию.

Транспортировка радиоактивных отходов в пункты захоронения производится на специально оборудованных транспортных средствах при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий и способов транспортировки санитарным правилам.

Перед окончательным удалением твердые радиоактивные отходы должны быть переведены в формы, обеспечивающие предотвращение распространения радионуклидов в окружающую среду.

При проектировании и организации работ, связанных с образованием ТРО, должен производиться прогноз состава и количества образующихся ТРО.

**1.15. Лекция №15 (2час).**

**Тема: «Нормирование отходов на предприятии»**

***Норматив образования отходов***

*Норматив образования отходов* - установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции, т. е. представляет собой удельный показатель образования отходов на расчетную единицу, за которую в зависимости от источника образования отходов могут быть приняты: единица произведенной продукции, единица используемого сырья, единица расстояния, единица площади, численность человек, посадочные места, другое.

При разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (далее - ПНООЛР) учитываются:

* 1. объемы используемых сырья, материалов, изделий с учетом проектной мощности;
  2. результаты инвентаризации отходов и объектов их размещения;
  3. наличие и мощность имеющихся объектов использования и обезвреживания отходов данного вида;
  4. наличие, вместимость, мощность и расчетный срок эксплуатации имеющихся объектов размещения отходов;
  5. экологические, санитарно-гигиенические и иные требования к размещению отходов;
  6. возможность обеспечения сохранности ресурсного потенциала у размещаемых отходов;
  7. экономически целесообразный объем транспортной партии для вывоза отходов;
  8. наличие имеющихся технологий переработки отхода данного вида, которые включены в банк данных о технологиях использования и обезвреживания отходов, являющийся составной частью государственного кадастра отходов;
  9. предельно допустимые вредные воздействия отходов, предполагаемых к размещению, на окружающую среду;
  10. экологическая обстановка на территории.

При нарушении нормативов образования отходов деятельность индивидуальных предпринимателей и юридических лиц в области обращения с отходами может быть ограничена, приостановлена или прекращена в соответствии с законодательством Российской Федерации.

***Нормативные документы, определяющие порядок нормирования образования отходов и лимитирования их размещения***

* 1. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ [«Об отходах производства и потребления»](http://www.centreco.ru/projects/89.doc)
  2. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 августа 2007 г. № 545 [«О внесении изменений в правила разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»](http://www.centreco.ru/projects/545.doc)
  3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 сентября 2007 г. № 643 [«Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по установлению лимитов на размещение отходов»](http://www.centreco.ru/projects/643.doc)

***Нормативно-методические документы, определяющие порядок разработки, рассмотрения и согласования проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 октября 2007 г. № 703 [«Об утверждении Методических указаний по разработке Проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»](http://www.centreco.ru/projects/703.doc).

***Лимит на размещение отходов***

*Лимит на размещение отходов* - предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которые разрешается размещать определенным способом на установленный срок в объектах размещения отходов с учетом экологической обстановки на данной территории. Размещение отходов - хранение и захоронение отходов.

Лимиты на размещение опасных отходов устанавливаются на срок действия лицензии на осуществление деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов I - IV класса опасности.

***Основные требования законодательства, регламентирующие необходимость разработки Проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

Юридические лица и индивидуальные предприниматели (за исключением субъектов малого и среднего бизнеса), осуществляющие деятельность по обращению с отходами, обязаны разрабатывать проекты нормативов образования отходов и лимитов на размещение отходов в целях уменьшения количества их образования.

В случае наличия у хозяйствующего субъекта территориально обособленных подразделений (филиалов), расположенных в разных муниципальных районах или городских округах, ПНООЛР разрабатываются для каждого территориально обособленного подразделения (филиала) отдельно.

Если хозяйствующий субъект выступает в качестве арендодателя части производственных территорий, помещений или оборудования и представляет арендатору право размещать отходы на собственных объектах, то отходы арендатора должны быть включены в ПНООЛР арендодателя.

В случае, если арендатор самостоятельно осуществляет деятельность по обращению с отходами, к ПНООЛР прилагаются документы, подтверждающие эти обязательства арендатора.

Для индивидуальных предпринимателей и юридических лиц непроизводственной сферы разработка ПНООЛР по решению территориального органа Ростехнадзора может осуществляться по упрощенной (декларативной форме). Для этого должны соблюдаться условия: у хозяйствующего субъекта образуются отходы V, IV, III, а отходы I класса опасности представлены только отработанными люминесцентными лампами; суммарное количество образующихся отходов не превышает 150 т/год; масса отходов III класса опасности для окружающей природной среды не превышает 5 % от общей массы образующихся отходов; отдельно предусмотрен порядок сбора и экологически безопасного размещения отходов люминесцентных ламп.

***Разделы проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение включает следующие разделы:

1. *Титульный лист.*
2. *Содержание, в котором приводятся наименование и последовательность расположения разделов ПНООЛР с указанием номеров страниц.*
3. *Аннотация.*
4. *Общие сведения об индивидуальном предпринимателе или юридическом лице.*
5. *Сведения о хозяйственной и иной деятельности, в результате осуществления которой образуются отходы.*
6. *Cведения об отходах.*

Раздел оформляется на основе данных, представленных в паспортах опасных отходов, материалах, подтверждающих компонентный состав отходов, класс опасности отходов, опасные свойства отходов. Для принимаемых на использование, обезвреживание, размещение отходов – раздел оформляется на основе свидетельств о классе опасности отхода для окружающей природной среды и паспортов опасных отходов, представляемых поставщиками отходов.

*7. Расчет и обоснование годовых нормативов образования.*

Нормативы образования отходов, в зависимости от характера отходообразующих процессов и возможности получения исходных данных для расчета, определяют, используя следующие методы:

* 1. метод расчета по материально-сырьевому балансу;
  2. метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов;
  3. расчетно-аналитический метод;
  4. экспериментальный метод;
  5. метод расчета по фактическим объемам образования отходов (статистический метод).

В текстовой форме приводятся по каждому виду отхода ссылки на соответствующие источники сведений, а также на приложения, удостоверяющие те или иные количественные показатели.

В случае наличия у индивидуального предпринимателя или юридического лица очистных сооружений для хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод или оборудования и установок водоподготовки, а также пылеулавливающих и газоочистных установок и оборудования следует представить их характеристики. Отходы, образующиеся при эксплуатации вышеперечисленных сооружений, установок, оборудования, включаются в общий перечень отходов.

1. *Схема операционного движения отходов.*

В разделе приводятся данные по образованию, использованию отходов, по передаче отходов другим организациям с целью переработки, обезвреживания и/или захоронения, указываются адреса и реквизиты поставщиков и потребителей отходов. Целью данного раздела ПНООЛР является представление информации по обращению (образованию, использованию, обезвреживанию, получению, передаче, размещению) с каждым видом отходов.

1. *Сведения об использовании и (или) обезвреживании отходов.*

В разделе приводится информация об использовании и обезвреживании отходов, осуществляемых хозяйствующим субъектом, а также указываются виды образующихся при этом отходов. Приводятся характеристики установок, технологий по использованию и обезвреживанию отходов. Если хозяйствующий субъект осуществляет использование отходов без применения объектов использования и обезвреживания (например, в качестве добавки к сырью, реагентам, для подсыпки дорог, в качестве подстилочного материала для содержания животных и птиц и др.), приводится информация о документах, регламентирующих или допускающих такое применение отходов (например, техническая документация предприятия, в том числе стандарты предприятия, технические регламенты, ведомственные нормативные документы, специально полученные согласования или заключения органов государственного контроля).

1. *Характеристика хранения отходов сроком до 3 лет и обоснование предельного количества накопления отходов*

Хранение отходов сроком до 3 лет - хранение отходов с последующей передачей на использование, обезвреживание, размещение в течение срока не более 3 лет, определенного с учетом: санитарно-гигиенических, противопожарных и иных требований, норм, правил; времени формирования партии отходов для использования или обезвреживания; времени формирования транспортной партии отходов.

Если хозяйствующий субъект осуществляет образование, сбор отходов и хранение их в течение не более 3 лет с последующей передачей на использование, обезвреживание, размещение, то в данном разделе ПНООЛР приводятся обоснования предельного количества накопления отходов (совокупного количества отходов определенного вида, хранящихся единовременно на однотипных объектах хранения сроком до 3 лет, при условии обеспечения уровня воздействия на окружающую среду в допустимых пределах).  
*При обосновании предельного количества накопления отходов на объектах хранения отходов сроком до 3 лет хозяйствующие субъекты должны:*

* 1. для каждого вида размещаемого отхода сформулировать причину хранения: формирование транспортной партии, формирование партии для использования или обезвреживания, снижение класса опасности отходов, выделение ресурсной составляющей и т.д.;
  2. для каждого вида отхода обосновать срок хранения и величину предельного количества накопления;
  3. для опасных отходов, содержащих вещества 1 - 2 классов опасности и имеющих такие опасные свойства, как пожароопасность, взрывоопасность, рассмотреть необходимость введения ограничений по величине предельного количества накопления отходов на основании действующих нормативных документов по обеспечению безопасности хранения веществ и материалов;
  4. для каждого объекта хранения или для группы однотипных объектов рассмотреть на соответствие действующим нормам и правилам способ хранения отходов, имеющееся обустройство объектов, используемую для размещения тару.

1. *Характеристика хранения отходов сроком более 3 лет и захоронения отходов.*

Раздел оформятся в случае наличия на балансе хозяйствующего субъекта объектов длительного хранения и захоронения отходов (шламохранилищ, иловых площадок, карт, полигонов захоронения отходов, др.).

*При обосновании лимитов на размещение отходов на объектах хранения сроком более 3 лет и захоронения хозяйствующие субъекты должны:*

* 1. обосновать необходимость размещения отходов (отсутствие специализированных предприятий по переработке отходов на данной территории, отсутствие экономически приемлемых технологий переработки отходов и т.д.);
  2. для каждого вида отхода обосновать величину запрашиваемого лимита;
  3. рассмотреть возможность включения в план природоохранных мероприятий мер по снижению образования отходов, подлежащих размещению, снижению количества отходов, направляемых на размещение.

*При размещении отходов на собственных объектах размещения дополнительно следует:*

* 1. рассмотреть на соответствие действующим нормам и правилам применяемый способ размещения отходов, имеющееся обустройство объектов, используемую для размещения тару;
  2. рассмотреть возможные факторы негативного воздействия на окружающую среду при размещении отходов на объекте;
  3. дать характеристику системы контроля состояния окружающей среды, для действующих объектов по данным мониторинга оценить допустимость воздействия на окружающую среду.

1. *Мониторинг состояния окружающей природной среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую природную среду.*

Раздел оформятся в случае наличия на балансе хозяйствующего субъекта объектов длительного хранения и захоронения отходов (шламохранилищ, иловых площадок, карт, полигонов захоронения отходов, др.). В разделе представляется информация о мероприятиях по наблюдению за состоянием окружающей среды на территории объектов размещения отходов (объектов хранения сроком более 3 лет и захоронения отходов), а также сведения о результатах проведения мониторинга состояния окружающей природной среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую природную среду.

1. *Планы мероприятий по снижению количества образования и размещения отходов, обеспечению соблюдения действующих норм и правил в области обращения с отходами, сведения о противоаварийных мероприятиях.*

В разделе приводится информация о проводимых и планируемых мероприятиях по снижению негативного влияния образующихся отходов на состояние окружающей среды. Представляются сведения о мероприятиях, направленных на:

* 1. снижение количества образования отходов;
  2. внедрение технологий по переработке, использованию, обезвреживанию отходов;
  3. организацию и дооборудование мест размещения отходов, не отвечающих действующим требованиям;
  4. вывоз ранее накопленных отходов;
  5. проведение производственного контроля обращения с отходами и мониторинга состояния окружающей среды на территориях объектов размещения отходов.

А также информация о возможных аварийных ситуациях при обращении с опасными отходами, о противоаварийных мероприятиях и мерах по ликвидации аварий.

*14. Предложения по лимитам на размещение отходов.*

*15. Список использованной литературы.*

*16. Приложения.*

***Перечень документов, представляемых в составе приложений к проекту нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

Копии паспортов опасных отходов, копии свидетельств о классе опасности отхода для окружающей природной среды либо материалы, обосновывающие отнесение отходов к классу опасности для окружающей природной среды (в соответствии с Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды, утвержденными Приказом МПР России от 15.06.2001 № 511, не подлежащим государственной регистрации согласно заключению Минюста России от 24.07.2001 № 07/7483-ЮД).

Документы (копии договоров, актов, заверенные хозяйствующим субъектом), подтверждающие намерение на размещение отходов на специализированных объектах, передачу (или получение) отходов с целью их использования и (или) обезвреживания.

Документы (копии договоров, актов, заверенные хозяйствующим субъектом), подтверждающие факты использования, обезвреживания, размещения отходов:

* 1. копии документов, заверенные хозяйствующим субъектом, об использовании, обезвреживании отходов хозяйствующим субъектом, хранении и захоронении отходов на самостоятельно эксплуатируемых объектах за отчетный период;
  2. копии договоров (актов), заверенные хозяйствующим субъектом, о передаче-приеме отходов другим хозяйствующим субъектам за отчетный период для использования, обезвреживания, хранения и захоронения;
  3. копии лицензий на деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов, выданных хозяйствующим субъектам, которым осуществляется передача опасных отходов в собственность, либо на правах владения, пользования или распоряжения для использования, обезвреживания, хранения и захоронения.

Карта-схема расположения объектов использования, обезвреживания и объектов размещения отходов на территории предприятия с экспликацией. Ситуационный план с нанесением точек контрольных замеров в рамках мониторинга состояния окружающей природной среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую природную среду.

Перечень используемых средств контроля и измерений.

* 1. Документы, подтверждающие данные материально-сырьевого баланса и производственных показателей.
  2. Документы, подтверждающие обязательства арендатора самостоятельно осуществлять деятельность по обращению с отходами с соблюдением экологических и санитарно-гигиенических требований (если хозяйствующий субъект выступает в качестве арендодателя части производственных территорий, помещений или оборудования и арендатор самостоятельно осуществляет деятельность по обращению с отходами).
  3. Копии технологических регламентов, технических условий, др. документов, регламентирующих образование отходов.

***Порядок разработки проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

На момент разработки проекта нормативов образования отходов и лимитов на из размещение у хозяйствующего субъекта должны быть:

* 1. проведена инвентаризация источников образования отходов;
  2. соблюдены основные требования экологического, санитарного и иного законодательства при обращении с отходами производства и потребления (оборудованы места хранения, заключены договоры с лицензированными организациями на передачу отходов, осуществляется первичный учет образующихся отходов);
  3. оформлены паспорта на отходы (для отходов с неустановленным классом опасности, должна быть проведена работа по установлению класса опасности в соответствии с требованиями Приказа МПР России от 15.06.2001 № 511);
  4. оформлена лицензия на осуществление деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов I - IV класса опасности (если деятельность хозяйствующего субъекта при обращении с отходами производства и потребления ограничивается только накоплением отходов I - IV класса менее 6 месяцев - лицензия для утверждения лимитов не требуется. Транспортировка отходов в пределах промплощадки не является лицензируемым видом деятельности).

Разработка Проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение начинается с расчета и обоснования годовых нормативов образования отходов.

Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение

***Порядок рассмотрения проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение и выдачи лимитов***

Рассмотрение проектов и выдача лимитов осуществляется в соответствии с требованиями Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по установлению лимитов на размещение отходов. Исполнение государственной функции по установлению лимитов на размещение отходов осуществляется территориальными органами Ростехнадзора на безвозмездной основе.

Основанием для начала исполнения государственной функции по установлению лимитов на размещение отходов является представление в территориальные органы Ростехнадзора юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, осуществляющими деятельность в области обращения с отходами, заявления об установлении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, копии лицензии на осуществление деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов I - IV класса опасности, проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, копии лицензии на пользование участками недр для целей захоронения токсичных и иных опасных отходов (для юридического лица - пользователя недр, имеющего лицензию на пользование участками недр для целей захоронения токсичных и иных опасных отходов).

Также направляется ПНООЛР на электронном носителе.

Копии документов, не заверенные нотариально, подаются с одновременным предъявлением оригинала.

Процедура по рассмотрению ПНООЛР и выдаче лимитов длится не более 30 рабочих дней с момента принятия документов.

***Основания для отказа в выдаче лимитов***

Основаниями для отклонения проекта и отказа в выдаче лимитов являются:

* 1. выявление в составе материалов Заявителя фальсифицированных документов (копий лицензий);
  2. несоответствие проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (далее - ПНООЛР) требованиям, установленным в Приказе Ростехнадзора от 19.10.2007 г. № 703 «Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»;
  3. выявление отсутствия в составе представленного ПНООЛР сведений о составе, опасных свойствах, классах опасности для окружающей среды отходов, на которые запрашиваются лимиты на размещение;
  4. приведенные в составе представленного ПНООЛР сведения о составе отходов производства не подтверждены результатами аналитических исследований, проведенных в установленном порядке лабораториями, техническая компетентность которых подтверждена, либо приведенные в составе представленного ПНООЛР сведения о составе отходов потребления не подтверждены документально;
  5. выявление несоответствия приведенных в составе представленного ПНООЛР сведений о составе и свойствах отходов, их классах опасности для окружающей среды, результатам аналитических исследований, проведенных аналитическими лабораториями, техническая компетентность которых подтверждена, приведенные в составе представленного ПНООЛР сведения о классах опасности отходов для окружающей среды не обоснованы в установленном порядке (отсутствуют свидетельства о классе опасности отходов для окружающей среды либо материалы, обосновывающие отнесение отходов к классам опасности для окружающей среды в соответствии с Критериями, установленными Приказом Ростехнадзора от 19.10.2007 г. № 703;
  6. выявление несоответствия кодов отходов, указанных в представленном ПНООЛР, кодам отходов, установленным в федеральном классификационном каталоге отходов;
  7. указанные в представленном ПНООЛР нормативы образования отходов определены с нарушением требований, установленных в Приказе Ростехнадзора от 19.10.2007 г. № 703;
  8. выявление несоответствия сведений о воздействии отходов на окружающую среду, указанных в представленном ПНООЛР, уровню фактического воздействия отходов на окружающую среду, подтвержденному результатами аналитических исследований, проведенных в установленном порядке лабораториями, техническая компетентность которых подтверждена;
  9. выявление несоответствия указанных в представленном ПНООЛР сведений об обустройстве объектов размещения (хранения) отходов, находящихся на балансе Заявителя, и их характеристиках, фактической оборудованности и состоянию данных объектов;
  10. выявление превышения допустимого воздействия на окружающую среду объектов размещения (хранения) отходов, находящихся на балансе Заявителя.

В случае выявления некомплектности материалов Заявителя территориальные органы Ростехнадзора в 5-дневный срок с даты приема указанных заявления и документов в письменной форме уведомляют об этом Заявителя.

***Переоформление документа об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

Документ об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение подлежит переоформлению в случаях:

* 1. изменения наименования юридического лица, организационно-правовой формы, места нахождения, государственного регистрационного номера записи о создании юридического лица и данных документа, подтверждающего факт внесения записи о юридическом лице в ЕГРЮЛ (для индивидуальных предпринимателей - фамилии индивидуального предпринимателя, места его жительства, данных документа, удостоверяющего его личность, государственного регистрационного номера записи о государственной регистрации в качестве индивидуального предпринимателя и данных документа, подтверждающего факт внесения записи об индивидуальном предпринимателе в ЕГРИП).
  2. переоформление документа об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение допускается при условии неизменности производственного процесса и используемого сырья и только в период действия установленных нормативов образования отходов и лимитов на их размещение.

Срок действия переоформленного документа об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение не превышает срок действия установленных нормативов образования отходов и лимитов на их размещение.

Срок переоформления документа об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение не превышает 20 рабочих дней.

***Срок действия документа об утверждении нормативов образования отходов и лимитов на их размещение***

Срок действия ПНООЛР для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих деятельность по размещению опасных отходов, устанавливается сроком на пять лет или на срок действия лицензии на осуществление деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению отходов при условии ежегодного предоставления хозяйствующим субъектом в территориальные органы Ростехнадзора Технического отчета о неизменности производственного процесса, используемого сырья и об обращении с отходами.

При отсутствии такого подтверждения (подачи в территориальные органы Ростехнадзора Технического отчета) до окончания отчетного года деятельность индивидуальных предпринимателей и юридических лиц в области обращения с отходами может быть ограничена, приостановлена или прекращена в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации.

***Ответственность за несоблюдение действующего законодательства***

Кодекс РФ об административных правонарушениях (№ 195-ФЗ 2001 г.)

Ст. 8.2. Несоблюдение экологических и санитарно-эпидемиологических требований при обращении с отходами производства и потребления или иными опасными веществами

Несоблюдение экологических и санитарно-эпидемиологических требований при сборе, складировании, использовании, сжигании, переработке, обезвреживании, транспортировке, захоронении и ином обращении с отходами производства и потребления или иными опасными веществами – влечет наложение административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи до двух тысяч рублей; на должностных лиц - от десяти тысяч до тридцати тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, - от тридцати тысяч до пятидесяти тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток; на юридических лиц - от ста тысяч до двухсот пятидесяти тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток.

**1.16. Лекция №16 (2час).**

**Тема: «Влияние шума и вибрации»**

**Проблемы акустического загрязнения окружающей среды**

Основные источники акустического загрязнения окружающей среды – транспорт, строительство, промышленные предприятия. Удельный вклад этих источников варьируется в определенных пределах для различных городов и населенных пунктов, но основной вклад в акустическое загрязнение в городах вносит автомобильный транспорт. Существует реальная угроза здоровью населения в связи с сверхнормативным шумовым воздействием от транспортных потоков. За последние годы произошло резкое повышение уровня автомобилизации, что привело к росту уровней шума на улицах городов. Шумовой режим города прежде всего связан с проблемой развития и организации наземного транспорта. При высокой интенсивности движения на автомагистралях с высокой интенсивностью движения уровень шума достигает 80 – 85 дБ, а на территории ближайшей жилой застройки – 70-75 дБ.

**Принципы и методы защиты от шума жилых зданий, территорий застройки. Защита зданий от наружных шумов**

Исходным материалом для разработки мер по снижению шума должны явиться шумовые карты городов.

Борьба с шумом в городах осуществляется по следующим основным направлениям: в источнике, на пути распространения шума в городской среде от источника до объекта шумозащиты, на объекте шумозащиты.

Меры по защите зданий от шумов зависят от конкретных условий, в основном их можно свети к следующим:

- увеличение расстояния между источником шума и зданием;

- применение акустических шумозащитных экранов, откосов, зданий-экранов и др.;

- размещение между источником шума и защищаемым зданием шумозащитных зеленых насаждений;

- градостроительные планировочные мероприятий по оптимальному размещению шумных и защищаемых от шума объектов;

- максимальное озеленение территории застройки и улиц;

- использование рельефа местности;

- прокладка шумных автомагистралей и железнодорожных путей вне пределов жилой застройки и др.

Мероприятия по защите зданий от внешних шумов следует предусматривать уже на стадии разработки генерального плана – именно на этой стадии разработка мер по борьбе с шумом является наиболее эффективной.

По принципу действия средств шумовиброзащиты выделяют: глушители шума, звукоизоляцию, звукопоглощение, виброизоляцию, вибродемпфирование.

В комплекс практических задач по обеспечению необходимого акустического комфорта в зданиях входят следующие:

− конструктивными и административными средствами создать малошумные виды транспорта, агрегатов и механизмов, регламентировать место их расположения относительно жилых зданий и время их работы;

− градостроительными средствами способствовать снижению уровней шума в городской застройке;

− конструктивно-строительными методами обеспечить повышение звукоизоляции зданий.

Для снижения шума на пути распространения используют два принципа: защита расстоянием, которое обеспечивает затухание звука в пространстве, установка на пути распространения сооружений, которые обеспечивают отражение звука.

Принцип защиты расстоянием осуществляется путем создания санитарно-защитной зоны (СЗЗ) между источником шума (железной или автомобильной дорогой, вентиляционной шахтой, строительной площадкой и т.д.) и жилой застройкой. В практике СЗЗ достигает 50…100 м, что зачастую явно недостаточно для снижения шума в жилой застройке до нормы.

Основной конструкцией, снижающей шум на пути от источника до защищаемого объекта (жилого района), являются акустические экраны (АЭ) или иные сооружения, которые могут дать экранирующий эффект, например дома, стенки, выемки, зеленые насаждения.

Также для снижения шума в помещении возможно сделать звукоизоляцию стен, перекрытий, окон и дверей.

Эффект снижения шума за полосами зеленых насаждений зависит от спектрального состава шума, от конструкции, возраста, плотности и дендрологического состава посадок.

Для большинства зеленых насаждений величина удельного поглощения шума составляет 0,15-0,17 дБ на 1м ширины насаждения (зеленой массы), поэтому наиболее целесообразно применять их в сочетании с другими экранирующими сооружениями. При этом необходимо учитывать сезонность действия зеленых насаждений.

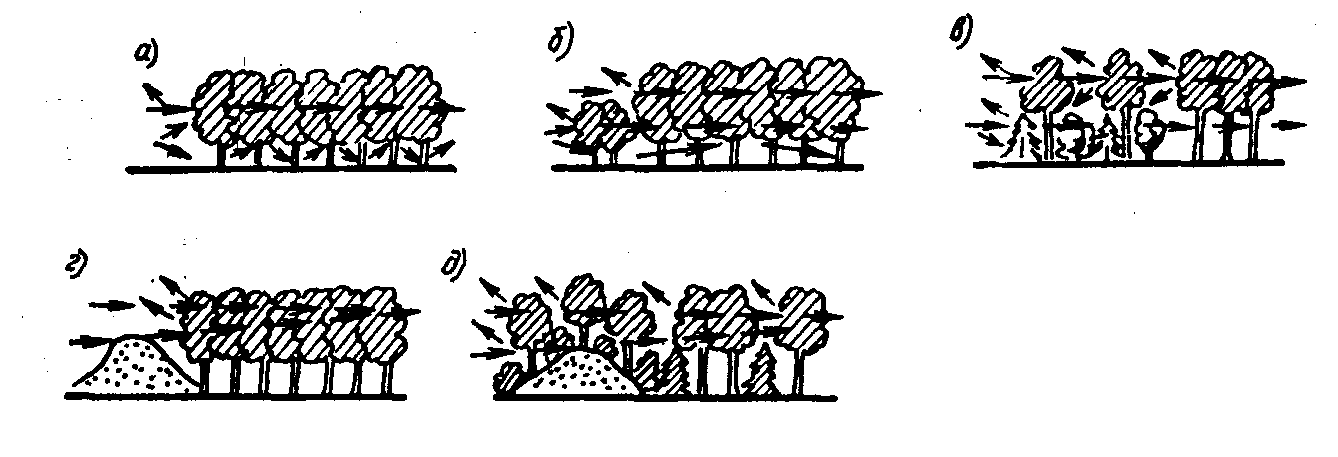


Рис. 12. Принципиальные схемы распространения звука в различных конструкциях зеленых насаждений: а – шумозащита практически отсутствует; б – шумозащитные свойства появляются благодаря кустарнику, который закрывает подкроновое пространство; в – эффект шумозащиты усиливается благодаря нескольким рядам живой изгороди; г – экранирующий барьер повышает эффект снижения шума за посадками; д – наибольший эффект шумозащиты достигается сочетанием вариантов в и г.

В варианте а шумозащита практически отсутствует, так как под кронами деревьев создается звуковой коридор, в котором шум с увеличением расстояния от источника затухает намного медленнее, чем на открытой территории. В варианте б шумозащитные качества посадок будет несколько выше, так как звуковые колебания отражаются, рассеиваются и поглощаются полосой подлеска, и звук в глубине таких посадок не усиливается.

Однако гораздо больший эффект снижения шума достигается в варианте в, когда звуковой луч не только не проникает в подкроновый коридор, но и многократно отражается от каждого защитного ряда. Значительно улучшаются шумозащитные качества полос зеленых насаждений, если перед ними со стороны источника звука расположить экранирующий барьер. При этом за экраном почти полностью исключается нежелательное отражение звука в подкроновом коридоре (см. рис. 12,г). Однако в этом варианте мал полезный эффект отражения звука от фронтальных поверхностей насаждений. Поэтому можно рекомендовать создание не одного, а двух-трех рядов живой изгороди, расположенных на экранирующем барьере – земляном кавальере (см. рис.12,д).

**1.17. Лекция №17 (2час).**

**Тема: «Воздействие электромагнитных полей на среду обитания»**

**Солнечная активность** — комплекс явлений и процессов, связанных с образованием и распадом в солнечной атмосфере сильных магнитных полей.

Световой климат местности определяется количеством солнечного излучения, доходящего до земной поверхности. Световой климат в зависимости от преобладания того или иного спектра имеет свои особенности.

***Интенсивность и спектральный состав солнечного излучения у поверхности Земли непостоянен и зависит от:***

*1. высоты стояния Солнца над горизонтом (географической широта местности, времени года, суток).*

Чем выше стоит Солнце, тем больше интенсивность радиации и тем она богаче УФ-лучами. Высота стояния Солнца зависит от широты местности и сезона года.

В зависимости от наличия в солнечном свете УФ-лучей весь земной шар делится на 3 зоны:

**а)** зона дефицита – севернее 570 широты. В ноябре-феврале в суммарной радиации солнечного спектра нет лучей области В - это зона «биологической тьмы» (Заполярье). В октябре-марте – 1% УФ-излучения спектра А.

**б)** зона комфорта – с 570 по 420. УФ-недостаточность возникает у людей зимой из-за особенностей климата (короткое время пребывания на воздухе) и загрязнения атмосферного воздуха. В средней полосе большое количество пасмурных дней в году так же может способствовать УФ-недостаточности.

**в)** зона избытка – южнее 420 широты.

С учетом колоссальной протяженности России на ее территории можно выделить различные зоны по уровню УФ-радиации.

Имеются среднесуточные колебания УФ-радиации, которые отличаются большим размахом, увеличиваются в весенние месяцы и значительно снижаются в осенние месяцы.

*2. степени прозрачности атмосферы.*

Прозрачность зависит от степени содержания в воздухе водяных и пылевых частиц, то есть запыленность, загазованность, неблагоприятные климатопогодные условия снижают интенсивность УФ-излучения.

*3. отражающей способности окружающей среды.*

На открытом воздухе на человека действует прямая, рассеянная (от небосвода, облаков) и отраженная (зависит от подстилающей поверхности) радиация. В результате на человека действует суммарная радиация (прямая+рассеянная+отраженная). Рассеивание зависит от состояния атмосферы, наличия облаков, дыма, пыли, водяных паров.

УФ - лучи отражает зеленая трава  26%, речной песок  29%, галька  32%, вода  50-60%, бетон, асфальт  74%, снег 85%. Лучистая энергия поглощается почвой, находящимися на ней предметами, растениями. ИК - лучи поглощаются травой до 44%.

Доля рассеянной радиации уменьшается по мере увеличения высоты стояния Солнца. Коротковолновые лучи рассеиваются лучше, чем длинноволновые и в ясную солнечную погоду при большой высоте стояния Солнца 50% общего потока УФ - лучей рассеивается. Интенсивность рассеянной радиации невелика, но большое количество данных лучей делает ее полезной.

*4. состояния стекол, наличие тюля, штор и других затеняющих факторов в помещении и на улице.*

Обычные стекла не пропускают УФ - лучи. Подсчитано, что люди находящиеся в помещении, получают 1/10 биодозы, т.е. минимальную необходимую дозу для профилактики светового голодания при открывании окон. Марлевые сетки уменьшают ультрафиолетовое излучение на 65%, тюль задерживает до 40-50%, хлопчатобумажные занавеси - до 40-80%.

*5. ориентация помещения.*

Северная ориентация уменьшает поступление тепла в 4 раза. При южной ориентации увеличивается уровень освещенности, поэтому необходима защита от избыточного поступления солнечных лучей. Для этого используют солнцезащитные устройства с горизонтально расположенными планками.

*6. ткань.*

Некоторые ткани для УФ-лучей оказываются более прозрачными, чем оконное стекло. Например, шелковый маркизет пропускает 50% падающих на него лучей, батист 44,3%, шелковое полотно 28%, белый креп 41,7%, капрон до 76,6%. Искусственный шелк больше пропускает лучей, нежели натуральный. Пропускная способность ткани зависит от его окраски, например, шелковое полотно одного и того же качества, но окрашенное в белый цвет пропускает 46%, а в черный – 21% солнечных лучей. При смачивании полотна проницаемость тканей значительно увеличивается как для прямой, так и для рассеянной солнечной радиации. Так, сетка палевого цвета в сухом состоянии пропускает 74% лучей, при смачивании ее прозрачность увеличивается до 81%. Указанные особенности должны учитываться при оценке эффекта потения.

***Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) на человека***

Человек подвергается воздействию геомагнитного поля, электрического поля, постоянного магнитного поля, электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц), электромагнитных полей диапазона радиочастот (?10 кГц – 300 ГГЦ).   
Невозможно однозначно определить воздействие ЭМП на человека. Это определяется сложностью реакции человека на любые воздействия, включая ЭМП.   
ЭМП слабой интенсивности широко применяются в медицине для лечения различных заболеваний. Это относится к полям разных частотных диапазонов:   
• для УВЧ-терапии используют волны метрового диапазона;   
• магнитные поля низких частот (?50-300 Гц) применяются для лечения ишемической болезни сердца, заживления трофических язв и т.д.   
ЭМП промышленной частоты вызывает повышение плотности тока в организме. Характеризуя действие ЭМП промышленной частоты, выделяют, в первую очередь, влияние на сосудистую и иммунную систему, особенно у людей, страдающих аллергией.

При воздействии на организм человека ЭМП сверхвысокой частоты (СВЧ) диапазона глубина проникновения в ткани составляет единицы сантиметров. Поглощаемая в поверхностном слое тела энергия приводит к повышению температуры. Люди, работающие под воздействием ЭМП СВЧ диапазона, быстро утомляются, жалуются на головные боли, боли в области сердца, у них увеличивается потливость, повышается раздражительность, становится тревожным сон и т.д.

При воздействии ЭМП линий электропередачи у обслуживающего персонала могут наблюдаться симптомы ухудшения здоровья.

Исследования, проводившиеся в Канаде, Германии и других странах, приводят к выводу, что имеется стойкая тенденция к росту риска заболевания раком и лейкемией у детей, проживающих вблизи высоковольтных линий электропередачи.

***Электромагнитные поля в производственных условиях***

Гигиенические нормативы на рабочих местах, предохраняющие от воздействия электромагнитных излучений, установлены санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами.

Гигиенические нормативы СанПиН устанавливают на рабочих местах:

• временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля;

• предельно допустимые уровни (ПДУ) электростатического поля (ЭСП);

• ПДУ электрического (ЭП) и магнитного полей (МП) промышленной частоты 50 Гц;

• ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот ?10 кГц – 30 кГц;

• ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот ?30 кГц – 300 ГГЦ;

• РЧ радиочастоты.

Геомагнитное поле – это магнитное поле Земли. При спокойной обстановке в средних широтах напряженность достигает 70-150 А/м (Ампер/метр), во время магнитных бурь напряженность увеличивается.

Оценка и нормирование ослабления геомагнитного поля на рабочем месте производится на основании определения его интенсивности внутри помещения, объекта и в открытом пространстве на территории, прилегающей к мету его расположения, с последующим расчетом коэффициента ослабления.

Временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала в помещениях (объектах) в течение смены не должен превышать 2 и устанавливается сроком на 3 года.

Электростатическое поле образуется в результате соприкосновения или трения твердых материалов, при размельчении или пересыпании однородных и разнородных непроводящих материалов, при разбрызгивании диэлектрических жидкостей, при транспортировке сыпучих веществ и жидкостей по трубопроводам и др.

Оценка и нормирование электростатического поля осуществляется по уровню электрического поля, дифференцированного в зависимости от времени его воздействия на работника за смену.

Уровень электростатического поля оценивают в единицах напряженности электрического поля в кВ/м (киловатт/метр).

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля при воздействии < 1 час за смену устанавливается равным 60 кВ/м.

При напряженностях электростатического поля, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

Постоянные магнитные поля создают различные промышленные установки и некоторые медицинские аппараты – промышленные установки для электролиза, медицинские компьютерные томографы и т. д.

Оценка и нормирование постоянных магнитных полей осуществляется по уровню магнитного поля – дифференцированно и в зависимости от времени его воздействия на работника за смену.

Уровень постоянного магнитного поля оценивается в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м (Ампер/метр) или в единицах магнитной индукции (В) в мТл (миллитесла).

Предельно допустимые уровни напряженности (индукции) постоянных магнитных полей на рабочих местах представлены в таблице 1.   
Таблица 1. ПДУ постоянного магнитного поля



Электромагнитные поля частотой 50 Гц создаются установками «промышленной частоты» (50 Гц), связанными с выработкой, передачей и потреблением электроэнергии.

Оценка электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) осуществляется раздельно по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м, напряженности магнитного поля (Н) в А/м или индукции магнитного поля (В) в мТл.

Нормирование электромагнитных полей частотой 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

Электрические поля создают электрические аппараты, необходимые для процесса передачи электроэнергии, находящиеся на территории открытых подстанций (переменные поля). Напряженность электрического поля у земли на территории подстанций может достигать 20-25 кВ/м.

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля на рабочем месте устанавливается равным 5 кВ/м.

Периодические магнитные поля создаются высоковольтными линиями электропередачи, напряженность полей под которыми, в зависимости от класса напряжения линии, составляет до 15-20 кВ/м для электрического поля и до 30-40 А/м – для магнитного поля.

Периодические магнитные поля создают также низковольтные сильноточные аппараты и приборы, бытовые электроприборы: сварочные трансформаторы, электроплиты, электрические паяльники, фены и др. Напряженность поля вблизи от них зависит от конструкции и потребляемого тока и лежит в пределах от десятков до тысяч А/м.

Предельно допустимые уровни напряженности периодических (синусоидальных) магнитных полей устанавливаются для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия и представлены в таблице 2.

Таблица 2. ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц



Допустимое время пребывания в магнитном поле может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня.

Предельно допустимые уровни импульсных магнитных полей дифференцированы в зависимости от общей продолжительности воздействия за рабочую смену и характеристики импульсных режимов генерации.

Источниками электромагнитных полей в диапазоне частот ?10-30 кГц являются приборы передачи информации.

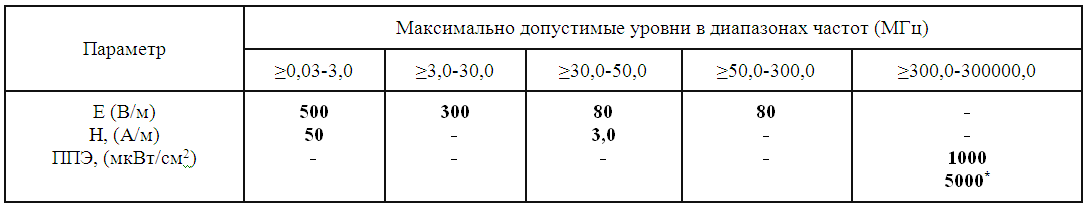
Оценка и нормирование ЭМП осуществляются раздельно по напряженности электрического (Е), в В/м, и магнитного (Н), в А/м, полей в зависимости от времени воздействия.

Предельно допустимые уровни напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляют 500 В/м и 50 А/м соответственно.   
Источниками электромагнитных полей в этом диапазоне являются генераторы сверхвысоких частот (СВЧ) в электронной промышленности, радиолокации, радиостанции, телевидение, СВЧ-печи, радиотелефоны и др.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц осуществляется по методике, изложенной в СанПиН 2.2.4.1191-03.

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в таблице 3.

Таблица 3. Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот ?30 кГц – 300ГГц



Е – напряженность электрического поля;

Н – напряженность магнитного поля;

ППЭ – плотность потока энергии.

\* для условий локального облучения кистей рук.

***Требования к проведению контроля уровней электромагнитных полей на рабочих местах***

Контроль за соблюдением требований СанПиН на рабочих местах должен осуществляться:

• при проектировании, приемке в эксплуатацию, изменении конструкции источников ЭМП и технологического оборудования, их включающего;

• при организации новых рабочих мест;

• при специальной оценке условий труда;

• в порядке текущего надзора за действующими источниками ЭМП.

***Коллективные и индивидуальные средства защиты от воздействия электромагнитных полей (ЭМП)***

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭМП или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают:

• выбор рациональных режимов работы оборудования;

• выделение зон воздействия ЭМП (зоны с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками);

• расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на положенных расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;

• ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует производить (по возможности) вне зоны влияния ЭМП от других источников;

• соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.   
Инженерно-технические мероприятия должны обеспечивать снижение уровней ЭМП на рабочих местах путем внедрения новых технологий и применения средств коллективной и индивидуальной защиты (когда фактические уровни ЭМП на рабочих местах превышают ПДУ, установленные для производственных воздействий).

Руководители организаций для снижения риска вредного влияния ЭМП, создаваемого средствами радиолокации, радионавигации, связи, в том числе подвижной и космической, должны обеспечивать работающих средствами индивидуальной защиты.

Коллективные и индивидуальные средства защиты должны обеспечивать снижение неблагоприятного влияния ЭМП и не должны оказывать вредного воздействия на здоровье работающих.

Коллективные и индивидуальные средства защиты изготавливаются с использованием технологий, основанных на экранировании (отражении, поглощении энергии ЭМП) и других эффективных методах защиты организма человека от вредного воздействия ЭМП.

Все коллективные и индивидуальные средства защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП, включая средства, разработанные на основе новых технологий и с использованием новых материалов, должны проходить санитарно-эпидемиологическую оценку и иметь санитарно-эпидемиологическое заключение на соответствие требованиям Санитарных правил, выданное в установленном порядке.

Средства защиты от воздействия ЭСП должны соответствовать требованиям государственного стандарта на общие технические требования к средствам защиты от статического электричества.

В целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, должны проходить предварительный при поступлении и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, и женщины в состоянии беременности допускаются к работе в условиях воздействия ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленных для населения.

Средства защиты от воздействия ЭП частотой 50 Гц должны соответствовать:

• стационарным экранирующим устройствам;

• требованиям государственных стандартов на общие технические требования, основные параметры и размеры устройств, экранирующих для защиты от электрических полей промышленной частоты;

• экранирующим комплектам;

• требованиям государственных стандартов на общие технические требования и методы контроля комплекта индивидуального экранирующего для защиты от электрических полей промышленной частоты.

Обязательно заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, включая машины и механизмы и др.

Средства защиты работающих от воздействия МП частотой 50 Гц могут быть выполнены в виде пассивных или активных экранов.

Коллективные и индивидуальные средства защиты работающих от воздействия ЭМП радиочастотного диапазона (>10 кГц-300 ГГц) в каждом конкретном случае должны применяться с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективности защиты.  
Экранирование источников ЭМП радиочастот (ЭМП РЧ) или рабочих мест должно осуществляться посредством отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных).

Отражающие ЭМП РЧ экраны выполняются из металлических листов, сетки, проводящих пленок, ткани с микропроводом, металлизированных тканей на основе синтетических волокон или любых других материалов, имеющих высокую электропроводность.

Поглощающие ЭМП РЧ экраны выполняются из специальных материалов, обеспечивающих поглощение энергии ЭМП соответствующей частоты (длина волны).

Экранирование смотровых окон, приборных панелей должно осуществляться с помощью радиозащитного стекла (или любого радиозащитного материала с высокой прозрачностью).

Индивидуальные средства защиты (защитная одежда) должны изготавливаться из металлизированной или любой другой ткани с высокой электропроводностью и иметь санитарно-эпидемиологическое заключение.   
Защитная одежда включает в себя: комбинезон или полукомбинезон, куртку с капюшоном, халат с капюшоном, жилет, фартук, средство защиты для лица, рукавицы (или перчатки), обувь. Все части защитной одежды должны иметь между собой электрический контакт.

Щитки защитные лицевые изготавливаются в соответствии с требованиями государственного стандарта на общие технические требования и методы контроля к щиткам защитным лицевым.

Стекла (или сетка), используемые в защитных очках, изготавливаются из любого прозрачного материала, обладающего защитными свойствами.

Безопасность и эффективность средств защиты определяется в соответствии с действующим законодательством.

Оценка безопасности и эффективности средств защиты должна производиться в испытательных центрах (лабораториях), аккредитованных в установленном порядке.

На основании результатов санитарно-эпидемиологической экспертизы выдается санитарно-эпидемиологическое заключение о безопасности и эффективности средства защиты от неблагоприятного влияния конкретного диапазона частот ЭМП.

Контроль эффективности коллективных средств защиты на рабочих местах должен производиться в соответствии с техническими условиями, но не реже 1 раза в 2 года.

Контроль эффективности индивидуальных средств защиты на рабочих местах должен производиться в соответствии с техническими условиями, но не реже 1 раза в год.

**1.18. Лекция №18 (2час).**

**Тема: Радиация**

Под радиацией понимается ионизирующее излучение.

*Ионизирующее излучение* – это излучение взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов.

Ионизирующее излучение делится на:

1. Корпускулярное (у которых масса покоя больше нуля)

1.1. [α]альфа частицы (поток ядер гелия)

1.2. [β]бета частицы (поток электронов или позитронов)

1.3. [p]протонное излучение (положительная частица ядра)

1.4. [n]нейтронное излучение.

2. Фотонное - электромагнитное излучение очень короткого диапазона, с очень короткой длиной волны, которая проявляет свойства частицы. Масса покоя равна нулю.

2.1. Гамма излучение (образуется за счет внутриядерных реакций)

2.2. Характеристическое излучение (образуется при переходе электрона с одной оболочки на другую)

2.3. Тормозное излучение (образуется при торможении частицы в поле атома)

2.4. Рентгеновское излучение (совокупность тормозного и характеристического излучения)

*Источник ионизирующего излучения* – это вещества и установки, при использовании которых возникает ионизирующее излучение.

Характеристикой источников ионизирующего излучения является активность.

*Активность* – количество единиц образованное источником излучения в единицу времени. (Измеряется в Бк – беккерель и Кюри).

1 Бк – активность источника в котором в 1 секунду происходит 1 распад.

1 Кюри – активность источника в котором в 1секунду происходит 37 миллиардов распадов.

*Удельная активность* – это активность 1 килограмма (единицы массы) источника, т.е. отношение активности к массе. (Бк/кг).

*Объемная активность* – отношение активности к объему источника. (Бк/м3)

*Поверхностная активность* – отношение активности источника к его площади. (Бк/м2)

Закон радиоактивного распада определяет изменение активности во времени. At= A0e-λt

*Закон Вигнера Вея* – при взрывах и авариях активность источника меняется по показательному закону. At= A0(t/t0)-n

XXI век невозможно представить без современного и постоянно совершенствуемого ядерного оружия, разбросанных по всей территории земного шара крупных объектов атомной энергетики и многих сложных промышленных производств, использующих в технологическом процессе различные радиоактивные вещества. Все это предопределило появление, а затем и нарастание интенсивности такого негативного фактора среды обитания, как ионизирующие излучения, представляющие значительную угрозу для жизнедеятельности человека и требующие проведения надежных мер по обеспечению радиационной безопасности работающих и населения.

В зависимости от периода полураспада различают короткоживущие изотопы, период полураспада которых исчисляется долями секунды, минуты, часами, сутками, и долгоживущие изотопы, период полураспада которых от нескольких месяцев до миллиардов лет.

При взаимодействии ионизирующих излучений с веществом происходит ионизация атомов среды. Обладая относительно большой массой и зарядом, а-частицы имеют незначительную ионизирующую способность: длина их пробега в воздухе составляет 2,5 см, в биологической ткани — 31 мкм, в алюминии — 16 мкм. Вместе с тем для ос-частиц характерна высокая удельная плотность ионизации биологической ткани. Для Р-частиц длина пробега в воздухе составляет 17,8 м, в воде — 2,6 см, а в алюминии — 9,8 мм. Удельная плотность ионизации, создаваемая Р-частицами, примерно в 1000 раз меньше, чем для ос-частиц той же энергии. Рентгеновское и у-излучения обладают высокой проникающей способностью, и длина пробега их в воздухе достигает сотен метров.   
 Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биологических объектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь зависят от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя используется понятие поглощенной дозы, т. е. энергии излучения, поглощенной в единице массы облучаемого вещества.   
 Для характеристики дозы по эффекту ионизации, вызываемому в воздухе, используется так называемая экспозиционная доза рентгеновского и у-излучений, выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия.   
Поглощенная и экспозиционная дозы излучений, отнесенные к единице времени, носят название мощности поглощенной и экспозиционной доз.   
        Для оценки биологического действия ионизирующего излучения наряду с поглощенной дозой используют также понятие биологической эквивалентной дозы.   
        Ионизирующее излучение — уникальное явление окружающей среды, последствия от воздействия которого на организм на первый взгляд совершенно неэквивалентны величине поглощенной энергии. В настоящее время распространена гипотеза о возможности существования цепных реакций, усиливающих первичное действие ионизирующих излучений.   
        Процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом клетки, в результате которых образуются ионизированные и возбужденные атомы и молекулы, являются первым этапом развития лучевого поражения. Ионизированные и возбужденные атомы и молекулы в течение 10-6 с взаимодействуют между собой, давая начало химически активным центрам (свободные радикалы, ионы, ионы-радикалы и др.).   
        Затем происходят реакции химически активных веществ с различными биологическими структурами, при которых отмечается как деструкция, так и образование новых, несвойственных для облучаемого организма соединений.   
        На следующих этапах развития лучевого поражения проявляются нарушения обмена веществ в биологических системах с изменением соответствующих функций.   
        Однако следует подчеркнуть, что конечный эффект облучения является результатом не только первичного облучения клеток, но и последующих процессов восстановления. Такое восстановление, как предполагается, связано с ферментативными реакциями и обусловлено энергетическим обменом. Считается, что в основе этого явления лежит деятельность систем, которые в обычных условиях регулируют естественный мутационный процесс.   
        Если принять в качестве критерия чувствительности к ионизирующему излучению морфологические изменения, то клетки и ткани организма человека по степени возрастания чувствительности можно расположить в следующем порядке:

• нервная ткань;

• хрящевая и костная ткань;

• мышечная ткань;

• соединительная ткань;

• щитовидная железа;

• пищеварительные железы;

• легкие;

• кожа;

• слизистые оболочки;

• половые железы;

• лимфоидная ткань, костный мозг.

Эффект воздействия источников ионизирующих излучений на организм зависит от ряда причин, главными из которых принято считать уровень поглощенных доз, время облучения и мощность дозы, объем тканей и органов, вид излучения.

Уровень поглощенных доз — один из главных факторов, определяющих возможность реакции организма на лучевое воздействие. Однократное облучение собаки у-излучением в дозе 4-5 Гр1 (400-500 рад) вызывает у нее острую лучевую болезнь; однократное же облучение дозой 0,5 Гр (50 рад) приводит лишь к временному снижению числа лимфоцитов и нейтрофилов в крови.

Фактор времени в прогнозе возможных последствий облучения занимает важное место в связи с развивающимися после лучевого повреждения в тканях и органах процессами восстановления.

Заболевания, вызываемые действием ионизирующих излучений. Важнейшие биологические реакции организма человека на действие ионизирующей радиации условно разделены на две группы. К первой относятся острые поражения, ко второй — отдаленные последствия, которые, в свою очередь, подразделяются на соматические и генетические эффекты.

Острые поражения. В случае одномоментного тотального облучения человека значительной дозой или распределения ее на короткий срок эффект от облучения наблюдается уже в первые сутки, а степень поражения зависит от величины поглощенной дозы.

При облучении человека дозой менее 100 бэр, как правило, отмечаются лишь легкие реакции организма, проявляющиеся в изменении формулы крови, некоторых вегетативных функций.

При дозах облучения более 100 бэр развивается острая лучевая болезнь, тяжесть течения которой зависит от дозы облучения. Первая степень лучевой болезни (легкая) возникает при дозах 100-200 бэр, вторая (средней тяжести) — при дозах 200-300 бэр, третья (тяжелая) — при дозах 300-500 бэр и четвертая (крайне тяжелая) — при дозах более 500 бэр.

Дозы однократного облучения 500-600 бэр при отсутствии медицинской помощи считаются абсолютно смертельными.

Другая форма острого лучевого поражения проявляется в виде лучевых ожогов. В зависимости от поглощенной дозы ионизирующей радиации имеют место реакции I степени (при дозе до 500 бэр), II (до 800 бэр), III (до 1200 бэр) и IV степени (при дозе выше 1200 бэр), проявляющиеся в разных формах: от выпадения волос, шелушения и легкой пигментации кожи (I степень ожога) до язвенно-некротических поражений и образования длительно незаживающих трофических язв (IV степень лучевого поражения).

При длительном повторяющемся внешнем или внутреннем облучении человека в малых, но превышающих допустимые величины дозах возможно развитие хронической лучевой болезни.

Отдаленные последствия. К отдаленным последствиям соматического характера относятся разнообразные биологические эффекты, среди которых наиболее существенными являются лейкемия, злокачественные новообразования, катаракта хрусталика глаз и сокращение продолжительности жизни.

Лейкемия — относительно редкое заболевание. Большинство радиобиологов считают, что вероятность возникновения лейкемии составляет 1—2 случая в год на 1 млн населения при облучении всей популяции дозой 1 бэр.

Злокачественные новообразования. Первые случаи развития злокачественных новообразований от воздействия ионизирующей радиации описаны еще в начале XX столетия. Это были случаи рака кожи кистей рук у работников рентгеновских кабинетов.

Сведения о возможности развития злокачественных новообразований у человека пока носят описательный характер, несмотря на то что в ряде экспериментальных исследований на животных были получены некоторые количественные характеристики. Поэтому точно указать минимальные дозы, которые обладают бластомогенным эффектом, не представляется возможным.

Развитие катаракты наблюдалось у лиц, переживших атомные бомбардировки в Хиросиме и Нагасаки; у физиков, работавших на циклотронах; у больных, глаза которых подвергались облучению с лечебной целью. Одномоментная ката-рактогенная доза ионизирующей радиации, по мнению большинства исследователей, составляет около 200 бэр. Скрытый период до появления первых признаков развития поражения обычно составляет от 2 до 7 лет.   
    Сокращение продолжительности жизни в результате воздействия ионизирующей радиации на организм обнаружено в экспериментах на животных (предполагают, что это явление обусловлено ускорением процессов старения и увеличением восприимчивости к инфекциям). Продолжительность жизни животных, облученных дозами, близкими к летальным, сокращается на 25~50% по сравнению с контрольной группой. При меньших дозах срок жизни животных уменьшается на 2-4% на каждые 100 бэр.

Достоверных данных о сокращении сроков жизни человека при длительном хроническом облучении малыми дозами до настоящего времени не получено.   
        По мнению большинства радиобиологов, сокращение продолжительности жизни человека при тотальном облучении находится в пределах 1—15 дней на 1 бэр.   
        Регламентация облучения и принципы радиационной безопасности. С 1 января 2000 г. облучения людей в РФ регламентируют Нормы радиационной безопасности (НРБ)-9б, Гигиенические нормативы (ГН) 2.6.1.054-96.

Основные дозовые пределы облучения и допустимые уровни устанавливают для следующих категорий облучаемых лиц:

• персонал — лица, работающие с техногенными источниками (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);

• население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для указанных категорий облучаемых предусматриваются три класса нормативов:

• основные дозовые пределы (предельно допустимая доза — для категории А, предел дозы — для категории Б);

• допустимые уровни (допустимая мощность дозы, допустимая плотность потока, допустимое содержание радионуклидов в критическом органе и др.);

• контрольные уровни (дозы и уровни), устанавливаемые администрацией учреждения по согласованию с Госсанэпиднадзором на уровне ниже допустимого.

Основные дозовые пределы установлены для трех групп критических органов.

Критический орган — орган, ткань, часть тела или все тело, облучение которых причиняет наибольший ущерб здоровью данного лица или его потомству. В основу деления на группы критических органов положен закон радиочувствительности Бергонье-Трибондо, по которому самые чувствительные к ионизирующему излучению — это наименее дифференцированные ткани, характеризующиеся интенсивным размножением клеток.

К первой группе критических органов относятся гонады, красный костный мозг и все тело, если тело облучается равномерным излучением. Ко второй группе — все внутренние органы, эндокринные железы (за исключением гонад), нервная и мышечная ткань и другие органы, не относящиеся к первой и третьей группам.

К третьей группе — кожа, кости, предплечья и кисти, лодыжки и стопы.

В НРБ-96 в качестве основных дозовых пределов используется эффективная доза, определяемая произведением эквивалентной дозы в органе на соответствующий взвешенный коэффициент для данного органа или ткани.

Эффективная доза используется в качестве меры риска отдаленных последствий облучения человека. Эффективная доза для персонала равна 20 мЗв в год за любые последующие 5 лет, но не более 50 мЗв в год; для населения — 1 мЗв в год за любые последующие 5 лет, но не более 5 мЗв в год.

Для второй и третьей групп критических органов эквивалентная доза в органе соответственно равна:

• для персонала — 150 и 300 мЗв;

• для лица из населения — 15 и 50 мЗв.

Для группы персонала Б эффективная и эквивалентные дозы в органе не должны превышать 1/4 значения для персонала (группа А).

Основные дозовые пределы облучения лиц из персонала и населения установлены без учета доз от природных и медицинских источников ионизирующего излучения, а также доз в результате радиационных аварий.

Регламентация указанных видов облучения осуществляется специальными ограничениями и условиями.

Помимо дозовых пределов облучения НРБ-96 устанавливают допустимые уровни мощности дозы при внешнем облучении всего тела от техногенных источников, а также допустимые уровни общего радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты.

Соблюдение установленных норм облучения и обеспечение радиационной безопасности персонала предопределяются комплексом многообразных защитных мероприятий, зависящих от конкретных условий работы с источниками ионизирующих излучений, и в первую очередь от типа (закрытого или открытого) источника излучения.

Защитные мероприятия, позволяющие обеспечить радиационную безопасность при применении закрытых источников, основаны на знании законов распространения ионизирующих излучений и характера их взаимодействия с веществом.   
        Главные из них следующие:

• доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности излучения и времени воздействия;

• интенсивность излучений от точечного источника пропорциональна количеству квантов или частиц, возникающих в нем за единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния;

• интенсивность излучения может быть уменьшена с помощью экранов.

Из этих закономерностей вытекают основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

• уменьшение мощности источников до минимальных величин ("защита количеством");

• сокращение времени работы с источниками ("защита временем");

• увеличение расстояния от источников до работающих ("защита расстоянием");

• экранирование источников излучения материалами, поглощающими ионизирующие излучения ("защита экранами").

Гигиенические требования по защите персонала от внутреннего переобучения при использовании открытых источников ионизирующего излучения определяются сложностью выполняемых операций при проведении работ. Вместе с тем главные принципы защиты остаются неизменными. К ним относятся:

• использование принципов защиты, применяемых при работе с источниками излучения в закрытом виде;

• герметизация производственного оборудования для изоляции процессов, которые могут быть источниками поступления радиоактивных веществ во внешнюю среду;

• мероприятия планировочного характера;

• применение санитарно-технических устройств и оборудования, использование защитных материалов;

• использование средств индивидуальной защиты и санитарная обработка персонала;

• выполнение правил личной гигиены.

**Вопросы для промежуточного контроля**

**7 семестр**

1. Введение в дисциплину. Основные понятия. Краткие исторические сведения.

2. Учение В.И. Вернадского о биосфере.

3 Эмпирические обобщения В.И. Вернадского.

4 Живое вещество биосферы.

5 Концепция ноосферы.

6 Лимитирующие факторы.

7 Законы лимитирующих факторов.

8 Общий характер действия экологических факторов.

9 Состав экосистемы.

10. Виды загрязнений биосферы: по характеру возникновения; загрязнения атмосферы, гидросферы, почвы, околоземного космического пространства; по продолжительности и масштабу воздействия.

11. Виды загрязнений биосферы по механизму воздействия вредных веществ.

12. Классификация промышленных загрязнений и их источников.

13. Нормативно-правовые и законодательные документы по охране окружающей среды.

14. Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ.

15. Предельно допустимый выброс (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу. Нормирование выбросов промышленных предприятий.

16. Строение и состав атмосферы. Основные виды загрязнений атмосферы.

17. Основные химические примеси, загрязняющие атмосферу. Загрязнение радиоактивной пылью.

18. Кислотные дожди. Загрязнение атмосферы биологическими примесями. Парниковый эффект. Разрушение озонового слоя.

19. Рассеивание промышленных выбросов загрязняющих веществ в атмосфере.

20. Общая методика расчета выбросов в атмосферу.

21. Классификация систем и методов очистки воздуха.

22. Виды и принцип действия сухих пылеуловителей.

23. Виды и принцип действия мокрых пылеуловителей.

24. Методы очистки от газообразных примесей. Газо- и пароочистители.

25. Гидросфера и ее роль как природного ресурса Земли.

26. Загрязнение Мирового океана и материковых вод.

27. Сточные воды промышленных предприятий.

28. Нормирование качества воды.

29. Классификация методов очистки сточных вод.

30. Способы механической очистки сточных вод.

31. Физико-химические методы очистки сточных вод.

32. Химические методы очистки сточных вод.

33. Биологические методы очистки сточных вод.

34. Расчет допустимого состава сточных вод.

**8 семестр**

35. Техногенные воздействия на литосферу: изменения и гибель ландшафтов, загрязнение и деградация почв.

36. Ландшафты, их виды и разрушение

37. Особенности загрязнения почв.

38. Эрозия почвы и методы борьбы с ней.

39. Охрана растительных ресурсов.

40. Загрязнение окружающей среды при авариях.

41. Нормирование и контроль загрязнения почв.

42. Источники ЭМП.

43. Природные и антропогенные источники ЭМП.

44. Основные виды средств коллективной и индивидуальной защиты от ЭМП.

45. Безопасность лазерного излучения.

46. Электростатические поля и загрязнение биосферы.

47. Радиационное излучение и загрязнение биосферы: ведение в радиоэкологию.

48. Безопасные ресурсосберегающие технологии при использовании атомной энергетики.

49. Классификация отходов: по источнику образования; в зависимости от состояния; по токсичности; отходы производства и отходы потребления; виды промышленных твердых отходов; отходы сельского хозяйства.

50. Безотходные (малоотходные) и ресурсосберегающие технологии.

51. Методы и способы утилизации и ликвидации отходов.

52. Понятие экологического риска.

53. Система производственного технологического мониторинга: мониторинг атмосферного воздуха, состава сточных вод, загрязнения почвы.

54. Экологический паспорт предприятия и его содержание.

55. Экологические требования при проектировании и строительстве промышленных объектов. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологическая экспертиза проектов.

56. Рациональное размещение предприятий. Санитарно-защитная зона.

57. Понятие экологического аудита.

58. Оценка экологического ущерба.

59. Плата за пользование природными ресурсами.

60. Плата за загрязнение окружающей среды.