

Лекции № 11

Методы очистки сточных вод

Организация процесса очистки стоков

В общем виде водоотведение сточных вод проводится по следующей схеме: сточные воды поступают в канализационную сеть – систему трубопроводов, каналов или лотков и сооружений для сбора и отведения сточных вод, – откуда направляются непосредственно в водный объект или на станцию очистки сточных вод, а после нее – в водный объект.

Станции очистки сточных вод – комплекс зданий, сооружений и устройств для очистки стоков и обработки осадка – могут быть централизованными и локальными.

Городская система канализации имеет несколько видов: 1) полностью раздельная – бытовые воды отводятся отдельно от производственных и ливневых стоков; 2) смешанная – в единую канализационную сеть поступают бытовые, производственные и ливневые сточные воды; 3) полураздельная – например, в одну сеть сбрасывают бытовые и производственные стоки, а по другой отводят атмосферные.

Количество производственных сточных вод определяется в зависимости от производительности предприятия по укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности.

Норма водопотребления – целесообразное количество воды, необходимое для производственного процесса, установленное на основании научно обоснованного расчета или передового опыта. Норма водоотведения – это количество сточных вод, отводимое от промышленного предприятия в водоем при целесообразной норме водопотребления.

В укрупненную норму водопотребления входят все расходы воды на предприятии. Нормы водопотребления и водоотведения выражаются в кубометрах воды на единицу готовой продукции или используемого сырья. Эти нормы расхода производственных сточных вод применяют при проектировании и реконструкции систем водоотведения промышленных предприятий. Укрупненные нормы позволяют дать оценку рациональности использования воды на любом действующем предприятии.

В комплекс очистных сооружений входят сооружения механической очистки, которые в зависимости от требуемой степени очистки могут дополняться сооружениями других групп очистки, а при более высоких требованиях – и сооружениями глубокой очистки. Перед сбросом в водоем очищенные сточные воды обеззараживаются для уничтожения патогенных микроорганизмов.

Образующийся на всех стадиях очистки осадок или избыточная биомасса поступает на сооружения по обработке осадка. Очищенные сточные воды могут направляться в оборотные системы водообеспечения промышленных предприятий, на сельскохозяйственные нужды или сбрасываться в водоем. Обработанный осадок утилизируется, уничтожается или складывается.

Состав сточных вод и их объем (особенно для термических, травильных и гальванических цехов промышленных предприятий) может значительно изменяться в течение суток. В результате залповых выбросов отработанных технологических растворов увеличивается концентрация тяжелых металлов в сточных водах на входе в очистные сооружения, что может уменьшить эффективность работы очистных

устройств или вывести их из строя. Поэтому перед подачей сточных вод на механическую очистку их направляют в усреднители (железобетонные резервуары), которые регулируют состав и расход сточных вод, – либо дифференцируют поток сточных вод, либо интенсивно перемешивают отдельные потоки. Очистка воды предназначена для доведения всех параметров, характеризующих ее качество, до нормативных показателей.

Существенно отличается очистка воды для питьевых нужд, в технологических целях, и очистка сточных вод. Причем даже для промышленных стоков, сбрасываемых в водоемы или на грунт и сливаемых в систему канализации, нормативы и требования к очистке различные. И они постоянно ужесточаются. Суммарные затраты на очистку сточных вод современных предприятий в среднем составляют от 15 до 40% их общей стоимости. Выделяют два основных пути очистки сточных вод: разбавление сточных вод и очистка их от загрязнений.

Разбавление – это процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления. Разбавление не ликвидирует воздействия сточных вод, а лишь ослабляет его на участке водоема.

Основной путь – очистка сточных вод от загрязнений.

2. Классификация методов очистки сточных вод

Методы очистки стоков делятся на группы:

1) Механические – для отделения загрязнителей используют гравитационный и центробежный эффекты (для выделения из сточных вод грубодисперсных минеральных и органических загрязнителей – процеживание, отстаивание и разделение в поле центробежных сил на гидроциклонах; для отделения мелкодисперсных загрязняющих частиц – фильтрование).

2) Физико-химические – флотация, коагуляция (для интенсификации отделения загрязнителей); экстракция, сорбция (для извлечения из стоков необходимых компонентов).

3) Химические – к ним относятся все те методы, при которых в сточные воды вводятся специальные реагенты, вступающие с загрязнителями в химические реакции и обезвреживающие их или создающие необходимые условия для их удаления (озонирование, хлорирование и др.).

4) Биологические – для удаления из сточных вод растворенных в них органических веществ с помощью биологического окисления в природных или искусственно созданных условиях.

В первом случае используются почвы, проточные и замкнутые водоемы, а во втором – специально построенные для очистки сооружения – биофильтры, аэротенки и др. Часто используют комбинации из вышеперечисленных методов. Достигнуть высокой степени очистки сточных вод, содержащих одновременно большое количество разнообразных видов примесей, чрезвычайно сложно. Установлено, что для таких вод даже при тщательном соблюдении всех условий эксплуатации очистных сооружений их эффективность не превышает 80%. Повышение степени очистки с 80 до 95% увеличивает расходы на очистку примерно вдвое, а свыше 95% – приблизительно в 10 раз на каждый дополнительный процент улучшения качества очистки. Большие затраты на обработку сточных вод приводят

к росту себестоимости выпускаемой продукции, увеличению площадей земли под очистные сооружения, загрязнению почв, атмосферного воздуха, уничтожению ландшафтов и т.д. И, в конечном счете, к ухудшению качества жизни каждого из нас. Поэтому основными задачами по охране поверхностных и подземных вод от загрязнений являются:

- 1) снижение объема водопотребления всеми водопотребителями, в том числе и экономия воды населением;
- 2) оснащение всех водопользователей приборами контроля (счетчиками) расхода воды;
- 3) всемерное внедрение в производство современных эффективных методов локальной обработки сточных вод.

Полная схема очистки сточных вод включает узлы механической и биологической очистки, обеззараживания очищенной воды и обработки полученных осадков.

Таким образом, среди методов обработки различают очистку, обезвреживание и обеззараживание сточных вод. Под очисткой понимают удаление из воды определенных веществ.

Обезвреживание – это перевод вредных примесей в воде в безвредные или менее вредные. Обеззараживание сточных вод производится для уничтожения в них патогенных микроорганизмов.

Механическая очистка

Механической очистки вод достаточно только при промышленном оборотном водоснабжении некоторых производств. В большинстве случаев она лишь подготавливает сточные воды к обработке другими методами. Механическая очистка применяется для отделения твердых и взвешенных частиц. Используются способы: 1) процеживание; 2) отстаивание (нефтеулавливание – как разновидность отстаивания); 3) центрифугирование; 4) фильтрование.

Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – вода пропускается через специальные металлические решетки (сита) с шагом 5 – 25 мм, установленные наклонно.

Периодически они очищаются от осадка с помощью специальных поворотных приспособлений.

Отстаивание – происходит в специальных емкостях, которые по направлению движения воды делят на горизонтальные, вертикальные, радиальные и комбинированные.

Общими для них являются выход очищенной воды в верхней части отстойника и гравитационный принцип осаждения частиц, которые собираются внизу.

Разновидностью отстойника являются песколовки, применяющиеся для выделения частиц песка в стоках. Нефтеловушки представляют собой горизонтальные отстойники, в которых нефть и вода разделяются из-за разности их плотностей. Выход очищенной воды происходит снизу, а нефтяная пленка собирается сверху и удаляется на утилизацию. Центрифугирование (инерционное разделение) – осуществляется в гидроциклонах, принцип действия которых аналогичен циклонам для очистки газов. Принцип действия основан на сепарации

(отделении) частиц твердой фазы во вращающемся потоке жидкости. Фильтрация – пропускание воды через слой пористого материала.

Фильтры очищают воду от тонкодисперсных твердых примесей даже при небольших концентрациях. Фильтроматериалы разнообразны: кварцевый песок, гравий, антрацит, частички металлов и др. Песчаные фильтры – основные очистители при водоподготовке.

Физико-химические методы очистки

Их используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц (твердых и жидких), растворимых газов, минеральных и органических веществ. Основные физико-химические методы: 1) коагуляция, 2) флотация, 3) адсорбция, 4) ионный обмен, 5) экстракция и другие.

Сточные воды многих химических производств содержат мелкодисперсные и коллоидные частицы размерами до 10 мкм. Такие воды плохо поддаются химической очистке, поэтому перед осаждением примесей желательно их предварительно укрупнить.

Процесс укрупнения мелкодисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты называется коагуляцией.

Коагуляция – процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия с коагулянтами (соединения алюминия или железа), которые в воде образуют хлопья гидроксидов металлов. Хлопья улавливают частицы и переносят их, оседая под действием силы тяжести на дно резервуара. Для сточных вод широко применяется электрокоагуляция – процесс образования нерастворимых гидроксидов металлов в сточных водах при про- качке вод через электрокоагулятор.

Вблизи электродов образуются ионы (результат анодного растворения материала электродов), реагирующие с примесями. Так отделяют тяжелые металлы, хром, цианы.

Флотация – процесс всплывания примесей (чаще всего масло – нефтепродуктов) при обволакивании их пузырьками воздуха (газа), подаваемого в сточную воду. Пузырьки воздуха выносят загрязнения на поверхность воды. Образовавшийся пенный слой удаляется. Флотацию за счет перенасыщения сточной воды воздухом подразделяют на вакуумную и напорную.

Разновидность метода – электрофлотация, при которой вода дополнительно обеззараживается за счет окислительно-восстановительных процессов у электродов. Суть электрофлотации: в процессе электролиза воды выделяющиеся на электродах пузырьки газов (водорода и кислорода) сталкиваются со взвешенными частицами, прилипают к ним и «флотируют» их на поверхность жидкости.

Адсорбция (сорбция) – интенсивное перемешивание адсорбента (активированный уголь, минералы, зола, шлаки и т.д.) с водой или фильтрация воды через слой адсорбента. Как при обработке газовых выбросов обеспечивает очистку воды от солей тяжелых металлов, углеводородов, частичек красящих веществ и т.п.

На адсорбентах работают многие бытовые фильтры для воды: «Родничок», «Роса» и др. Ионный обмен (обмен ионами) – эффективен для очистки воды от многих растворов и даже от тяжелых металлов (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь, ртуть), от радиоактивных веществ. Очистка производится синтетической ионообменной смолой и, если ей предшествует

механическая очистка, позволяет получить выделенные из воды металлы в виде относительно чистых и концентрированных солей.

Экстракция – процесс разделения и извлечения примесей из смеси двух нерастворимых жидкостей (экстрагента и сточной воды).

В специальных колонках (пустотелых или заполненных насадками) стоки смешиваются с экстрагентом, отбирающим вредные вещества (так, для экстракции из сточных вод фенолов применяют эфиры, а нефтепродуктов – бензол).

Состоит из трех стадий: 1) смешивание сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), в результате образуются две жидкие фазы – экстракт (содержит извлекаемое вещество и экстрагент) и рафинат (содержит сточную воду и экстрагент); 2) разделение этих двух жидких фаз (экстракта и рафината); 3) регенерация экстрагента (отбирающего вредные вещества) из экстракта и рафината.

Химические методы

Связаны с расходом различных реагентов и потому дороги. К основным из них относятся – нейтрализация и окисление.

Нейтрализация – это обработка воды щелочами или кислотами, известью, серой, аммиаком и т.п. с целью обеспечения заданной величины водородного показателя рН.

Практически нейтральными считаются воды, имеющие рН =6,5 – 8,5 Самый простой способ нейтрализации сточных вод – смешение кислых и щелочных стоков, если они имеются на предприятии.

Окисление – применяется как при водоподготовке, так и при обработке сточных вод для обеззараживания и уничтожения токсичных биологических примесей.

В процессе окисления токсичные загрязнения в сточных водах в результате химических реакций становятся менее токсичными и затем удаляются из воды. Наиболее распространенный способ окисления – хлорирование.

Но возможно появление диоксинов в воде, например, при вынужденном повышении дозы хлора летом или в период паводка.

При гиперхлорировании перед употреблением питьевую воду нужно отстаивать и кипятить. Необходимо переходить на другие способы, например, на комбинацию – озонирование и хлорирование.

Озонирование – основано на высокой окислительной способности озона, который разрушает органические компоненты сточных вод; одновременно происходит обесцвечивание и обеззараживание воды и насыщение ее кислородом. Озонирование дорого и имеет более кратковременное действие, но оно перспективнее.

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

Биологическая очистка

Биологическая очистка загрязненных вод возможна в естественных условиях и в искусственных сооружениях. И в том, и в другом случае органические примеси обрабатываются бактериями, простейшими, водорослями и превращаются в минеральные вещества. В естественных условиях очистка производится на полях

фильтрации или орошения (специально подготовленные участки земли), т.е. через почву, или в биологических прудах-отстойниках, в которых концентрация загрязнителей снижается до требуемых норм за счет процессов самоочищения, осуществляемых микроорганизмами, водорослями, беспозвоночными (потребления микроорганизмами органических составляющих сточных вод).

Пруды могут быть с поддувом воздуха (с искусственной аэрацией). Для самоочищения водоемов используются высшие водные растения (тростник, камыш, уруть, ряска, тропическое цветковое растение – эйхорния или водный гиацинт).

В качестве искусственных сооружений для промстоков применяются аэротенки, окситенки и биофильтры (аэро – с подачей воздуха; окси – с подачей кислорода).

В тенках (железобетонных резервуарах) сточные воды обрабатываются микроорганизмами. Но для их функционирования необходима определенная температура, кислотность (рН) и отсутствие многих солей (микроорганизмы могут погибнуть). Поэтому эти сооружения применяются на тех очистных сооружениях канализации, куда не поступают промстоки. На промышленных очистных сооружениях применяются биофильтры, в которых активная биологическая среда образуется на специальной загрузке (шлак, керамзит, гравий и т.п.).

Эта биологическая среда (пленка) менее чувствительна к колебаниям параметров среды и сточных вод.

Активность биопленки увеличивается при поддуве воздуха, подаваемого обычно противотоком. При всех биологических методах очистки важен вопрос утилизации осадка, образующегося при обработке воды (особенно токсичных промстоков). Как правило, осадок обезвоживают и производят захоронение на специальных полигонах или обрабатывают в биологических сооружениях.

Существуют специальные печи для сжигания токсичных отходов с очень высокой полнотой сгорания и четырехступенчатой очисткой газовых выбросов (печи канадско-американской фирмы проф. Ормстона). Есть и отечественные разработки по сжиганию этого осадка в металлургических, специально оборудованных печах с получением сравнительно безвредного строительного материала. Даже при самой совершенной очистке, включая биологическую, все растворенные неорганические вещества и до 10% органических загрязняющих веществ остаются в очищенных сточных водах. Такая вода вновь может стать пригодной для потребления только после многократного разбавления чистой природной водой.

Контрольные вопросы

1. Основные правила водоотведения стоков.
2. Составные элементы комплекса очистки сточных вод.
3. Основные методы очистки сточных вод.
4. Назначение и методы механической очистки стоков.
5. Назначение и методы физико-химической очистки стоков.
6. Назначение и методы химической очистки стоков.
7. Назначение и методы биологической очистки стоков