СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В. Т. Фомичев, О. П. Бузинова, А. А. Андреева

С развитием промышленности и ростом городов увеличивается количество коммунальных и промышленных сточных вод. Поэтому проблема очистки сточной жидкости является все более актуальной[1]. Уже несколько десятилетий в результате промышленных и коммунальных сбросов загрязненной воды нельзя пить воду из Волги: средней и нижней ее частей.

В настоящее время используют различные виды и способы очистки сточных вод. Очистка стоков производится механическими, биологическими, химическими и физико-химическими методами.

Механическая очистка сточных вод

Механическая очистка применяется при очистке всех сточных вод. Суть метода состоит в процеживании, отстаивании, фильтровании, удалении нерастворенных примесей гидроциклонами и в центрифугах. При этом методе очистки удаляют 60—80% находящихся в стоках в нерастворенном и частично коллоидальном состоянии загрязнений.

Процеживание воды в зависимости от величины и гидравлических свойств выделяемых частиц (бумага, тряпки, кости, очистки от овощей, различные крупные твердые производственные отходы) производят на решетках или ситах (более мелкие отходы). Процеживанием выделяют из сточных вод плавающие вещества, в основном волокнистые загрязнения. Для удаления микроскопических твердых частиц применяют микропроцеживатели[2].

Загрязнения минерального происхождения (песок, шлак и другие крупностью 0,2—0,25 мм) осаждаются в песколовках. Показателем эффективности работы песколовок является количество песка в осадке нефтеловушек (не более 5% частиц песка размером менее 0, 25 мм).

Способом отстаивания из производственных и бытовых сточных вод выделяют загрязнения, находящиеся во взвешенном состоянии (частично коллоидальные), минерального и органического происхождения. Для этого используют отстойники специального назначения: шламоотстойники (для осветления сточных вод в рудной, углеобогатительной, химической, металлургической промышленности), нефтеловушки (очистка от верхней нефтяной и жировой пленки), смолоуловители (очистка от смолы и смолообразователей сточных вод коксохимических заводов и газогенераторных станций), сгустители и др.

Отстойники по своей конструкции и характеру движения в них сточной жидкости бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные. Для очистки малых (до 25 м^3/сутки) количеств сточной бытовой жидкости применяют также гнилостные резервуары (септики), представляющие собой горизонтальные отстойники, в которых выпадающий осадок накапливается в течение длительного периода и перегнивает. Для очистки бытовых сточных вод небольших и средних населенных мест при количестве сточной жидкости до 10 тыс. м^3/сутки применяют двухъярусные отстойники, являющиеся комбинацией горизонтального отстойника (верхняя часть) и гнилостной камеры для сбраживания выпадающего осадка (нижняя часть). Осадок из горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойников с преобладающим содержанием веществ органического происхождения подвергается сбраживанию (разложению) в специальных сооружениях, называемых метантенками.

Из промышленных сточных вод фильтрованием задерживают нерастворенные примеси, не осевшие при отстаивании. Для этой цели используют песчаные, диатомитовые и сетчатые фильтры с фильтрующим слоем, иногда — двухслойные фильтры: в нижнем слое — песок, в верхнем — антрацитовая крошка. На предприятиях бумажной промышленности для улавливания волокон применяют сетчатые и вакуумные фильтры.

Для осветления производственных сточных вод и сгущения осадка используют центрифуги и гидроциклоны. В них под действием центробежной силы, возникающей при вращательном движении, частицы взвешенных веществ скапливаются у стенок и сползают вниз.

Биологическая очистка сточных вод

Наиболее эффективным, достаточно простым и доступным является метод биологической очистки. Он основан на природной способности естественных экосистем утилизировать разнообразные неорганические и органические вещества с помощью сообщества микроорганизмов — активного ила. Данный вид очистки предпочтителен для сточных вод, содержащих органические соединения.

При биологической очистке удаляют из сточной жидкости наиболее мелкие взвешенные вещества, оставшиеся после механической очистки. После полной биологической очистки получается незагнивающая жидкость, содержащая растворенный кислород и нитраты[2].

Биологическую очистку ведут в условиях, близких к естественным или искусственно созданных. Естественная биологическая очистка сточной жидкости происходит на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах. Искусственная биологическая очистка производится на биологических фильтрах, или аэротенках. Осветленную сточную жидкость, получающуюся в процессе очистки, выпускают в водоемы после ее обеззараживания посредством хлорирования.

Для естественной биологической очистки отводят и специально оборудуют поля орошения или поля фильтрации. Очистные станции с биофильтрами сооружают для средних и малых населенных пунктов.

Очистные станции аэрации с аэротенками строят для отчистки сточных вод крупных городов.

В процессе биологической очистки, так же как и механической, получаются большие количества осадка (ила), который направляется в метантенк для сбраживания. Затем осадок обезвоживают, т. е. подсушивают на иловых площадках или искусственными методами — вакуум-фильтрацией, термической сушкой. После отделения воды (обезвоживания) сброженный осадок можно использовать как удобрение.

Примером биологической очистки сточных вод может служить крупное предприятие города Волгограда — Экологический центр АООТ «Каустик» (1967) (проектная производительность очистных сооружений — 196,2 тыс. м^3 сточных вод в сутки). На этом предприятии после традиционной механической очистки промышленные и хозяйственно-бытовые воды смешиваются и поступают общим потоком на биологическую очистку в аэротенки с пневматической аэрацией воздухом. Очищающим началом в них является активный ил, состоящий из бактерий и микроскопических животных, которые используют для процессов своей жизнедеятельности компоненты сточных вод. В аэротенках сточные воды находятся в течение 10—14 часов при температуре окружающего воздуха. И даже зимой температура раствора не понижается ниже 33°С за счет экзотермических реакций. Прошедшие биологическую очистку сточные воды поступают в систему вторичных отстойников, где активный ил оседает на дно, а очищенная вода перекачивается на пруды-накопители (испарители). Пруды являются естественными очистителями. Дно прудов подстилается слоем водонепроницаемых глин, что исключает проникновение вод в подземные горизонты. Часть активного ила возвращается в аэротенки. Предприятие внимательно следит за состоянием и биологическим составом активного ила, сохраняя его адаптацию к основным загрязнителям сточных вод.

Кроме того, наиболее эффективно работающими очистными сооружениями города Волгограда являются:

- МУПП «Волгоградводоканал», на острове Голодный (проектная мощность очистных сооружений — 400 тыс. м^3 сточных вод в сутки);
- биологические очистные сооружения канализации поселка Горьковский;
- компактные биологические очистные сооружения больничного комплекса на станции Садовая МУПП «Волгоградводоканал»;
- механические очистные сооружения ЗАО ВМЗ «Красный Октябрь»;
- механические очистные сооружения АООТ «Волгограднефтемаш»;
- физико-механические очистные сооружения СП «Волгоойл»;
- механические очистные сооружения ОАО «Волгоградский керамический завод»;
- механические очистные сооружения ТОО ПАТП-5.

Эффективные очистные сооружения по биологической очистке сточных вод эксплуатируются и в городе Волжском, являющемся крупнейшим в области центром химической промышленности.

Химическая очистка сточных вод

Химические методы очистки заключаются в выделении загрязнений путем химических реакций между загрязнениями сточных вод и реагентами. К таким реакциям относятся реакции окисления-восстановления, в результате которых происходит перевод загрязнений в новые соединения, обладающие способностью выпадать в осадок, выделяться в виде газов. Чаще всего применяют нейтрализацию сточных вод, поскольку спускать жидкости в водоемы разрешается при условии снижения кислотных или щелочных загрязнений до допустимых концентраций водородных ионов (pH). При нейтрализации производственных сточных вод следует учитывать количество взаимно нейтрализующих кислот и щелочей, а также щелочной резерв водоемов, в которые эти воды сбрасываются. Повышенное количество кислот или щелочей содержат производственные сточные жидкости от шахт, химических, машиностроительных, металлургических, нефтеобрабатывающих и других заводов[4].

Нейтрализацию кислых или щелочных вод осуществляют следующими способами:

- смешиванием кислых и щелочных сточных вод в специальных резервуарах — усреднителях (обычно пруды, рассчитанные не менее чем на суточное пребывание в них сточной жидкости);
- смешиванием сточных вод с реагентом в специальных камерах реакции — нейтрализаторах;
- фильтрацией сточных жидкостей через нейтрализующие материалы (известняк, мрамор, доломит и другие). Обычно этот способ используют для нейтрализации солянокислых, азотнокислых, сернокислых вод.

Иногда нейтрализацию применяют в сочетании с коагуляцией. Процесс коагулирования состоит в добавлении к сточной жидкости реагента,

способствующего быстрому выделению из нее мелких взвешенных веществ, которые при простом отстаивании не осаждаются. Реагент (коагулянт) обычно добавляют в сточную жидкость до ее направления в отстойники. В качестве коагулянта применяют полиакриламид, сульфаты железа и алюминия. Сточная жидкость, смешанная с раствором коагулянта в смесителе ершового или перегородчатого типа, направляется в отстойник, в котором происходит осаждение взвешенных веществ.

Введенные катионы коагулянтов подвергаются гидролизу и вступают во взаимодействие с карбонат- и гидрокарбонат-ионами с образованием малорастворимых гидроксидов. Например:

$Al^{3+} + 3HCO_3^- \rightarrow Al(OH)_3 + 3CO_2$;

$3Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CO_2$.

В отстойнике происходит формирование хлопьев гидроксида алюминия, на поверхности которых сорбируются дисперсные и коллоидные частицы примесей. Отдельные хлопья при контакте укрупняются, а затем выпадают в осадок или задерживаются в толще фильтрующей загрузки.

Физико-химические методы очистки сточной жидкости

К физико-химическим методам очистки сточной жидкости относятся: экстракция, сорбция, эвапорация, кристаллизация, флотация, электро- и гальванокоагуляция и др.[5].

При экстракции сточную жидкость смешивают с растворителем, в котором данный вид загрязнения растворяется в большей степени (например, для удаления фенола из сточной жидкости в нее вводят бензол).

При сорбции загрязняющие сточную жидкость вещества либо поглощаются телами твердых веществ (адсорбция), либо осаждаются на их активно развитой поверхности (абсорбция). Для очистки производственной сточной жидкости чаще всего пользуются адсорбцией. Для этого к очищаемой сточной жидкости добавляют в размельченном виде сорбент (зола, торф, каолин, коксовую мелочь, активированный уголь и др.). Сорбент, насыщенный загрязнениями, отделяют путем отстаивания или фильтрации.

Отгонку водяным паром летучих веществ, которые загрязняют сточную жидкость (эвапорация), производят в периодически действующем аппарате или в непрерывно действующих дистилляционных колонках. Сточная жидкость, нагретая в теплообменнике, подается в колонну, через которую противотоком пропускают острый пар. Летучие загрязнения сточной жидкости переходят в пар. Очистка пара осуществляется в поглотительной колонне. Если, например, сточную жидкость нужно очистить от фенола, то пар освобождают от него пропусканием через нагретый до 100°С раствор щелочи.

Флотация основана на процессе всплывания дисперсных частиц загрязнений вместе с пузырьками воздуха, которые создаются путем аэрации раствора мелкодиспергированным воздухом, создавая пену. Твердые частицы обволакиваются пузырьками воздуха на границе раздела трех фаз: частица—воздух, частица—вода, вода—воздух, прилипают к ним и всплывают на поверхность воды.

Производственные сточные воды, попадая в естественные пруды и водоемы в процессе выпаривания, очищаются путем выделения из них загрязнений в виде кристаллов. На этом и основан метод — кристаллизация, который обычно применяется при повышенной концентрации загрязнений.

Очистка сточных вод методом электрокоагуляции основана на их электролизе с использованием стальных или алюминиевых анодов, подвергающихся электролитическому растворению. В результате осуществляется процесс коагуляции, аналогичный обработке сточной воды солями железа и алюминия. Однако по сравнению с реагентным коагулированием при электрохимическом растворении металлов не происходит обогащения воды сульфатами и хлоридами, содержание которых в воде лимитируется как при сбросе очищенных сточных вод в водоемы, так и при повторном использовании в системах промышленного водоснабжения. При электрокоагуляции сточных вод протекают и другие электрохимические и физико-химические процессы, как-то:

- электрофорез;
- катодное восстановление растворенных в стоках органических и неорганических веществ или их химическое восстановление, а также образование катодных осадков металлов;
- флотация твердых эмульгированных частиц обрабатываемой сточной воды пузырьками газообразного водорода, выделяющегося на катоде;
- сорбция ионов и молекул растворенных примесей стоков, а также частиц эмульгированных в воде примесей на поверхности гидроксидов железа и алюминия, которые обладают значительной сорбционной способностью[6].

В основе гальванокоагуляции лежат те же физико-химические процессы, которые составляют сущность электрокоагуляции. Отличие данного метода очистки промышленных стоков от

электрокоагуляции заключается в способе введения в обрабатываемые сточные воды ионов железа, а также в отсутствии электростатической коагуляции, возникающей при наложении электрического поля. При гальванокоагуляционной очистке обрабатываемую сточную воду с pH = 2—4 пропускают через зону загрузки скрапа (смеси железа, меди и кокса), который представляет собой гальваническую пару, где железо является анодом. За счет разности потенциалов железо переходит в сток без наложения тока от внешнего источника в двухвалентной форме. В результате контакта с кислородом воздуха происходит окисление Fe^{2+} до Fe^{3+}. Таким образом, в обрабатываемой сточной воде образуются соединения железа (II) и (III).

Гальванокоагуляция широко применяется при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов и Cr^{6+}. При данном методе водоочистки тяжелые цветные металлы извлекаются в виде ферритов. Наиболее эффективное извлечение меди, цинка, хрома (VI) и хрома (III) из стоков в виде сернокислых растворов наблюдается при pH исходной сточной воды 2,5—2,7, причем медь и трехвалентный хром эффективно извлекаются в широком диапазоне исходных концентраций — от 50 до 250 мг/л, а шестивалентный хром — до 200 мг/л. Цинк и никель хорошо извлекаются из сточных вод при низких концентрациях, до 50 и 100 мг/л, соответственно.

При гальванокоагуляции расход железа составляет 0,2—1 кг на тонну очищенной сточной воды — в зависимости от pH. В результате на тонну очищенных стоков образуется до 1,5 кг железистого отхода.

Для глубокой очистки сточных вод описываемый метод применяют в сочетании с последующей обработкой стоков известковым молоком. Сточная вода, прошедшая очистку методом гальванокоагуляции, содержит большое количество взвешенных, плохо отстаивающихся мелкодисперсных твердых частиц, представляющих собой главным образом ферриты и частицы кокса. Поэтому сточные воды перед сбросом в канализацию подвергают многоступенчатой очистке от взвешенных частиц: выдержке в отстойнике, фильтрованию через пористые материалы и фильтры с плавающей загрузкой. Осадок из нижней части отстойника подвергают очистке на пресс-фильтрах.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены основные технологические аспекты и решения проблемы очистки сточных вод.
2. Выявлены основные характеристики технологических приемов, определяющие степень и качество очистки сточных вод.
3. Дана сравнительная характеристика рассмотренных технологических приемов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Израэль Ю. А.* Контроль окружающей среды. М.: Гидрометеоиздат, 1990.

[2] Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник / Под. ред А. Н. Мирного. М.: Стройиздат, 1990.

[3] *Шариков Л. П.* Охрана окружающей среды: Справочник. Л.: Судостроение, 1978.

[4] *Шариков Л. П.* Указ. соч.

[5] Основные процессы и аппараты химической технологии / Под. ред. Диммерского. М.: Химия, 1991.

[6] Общий курс процессов и аппаратов химической технологии, кн. 1 / Под. ред. В. Г. Айнштейна. М.: Химия, 1999.