

07, июль 2017

УДК 628.349.087

Исследование безреагентных методов очистки сточных вод и анализ их эффективности

Диденко А.Ф., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Козодаев А.С., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

E9@mx.bmstu.ru

В результате использования воды в технологических процессах различных видов производств образуется огромное количество сточных вод, содержащие различные вредные вещества, которые необходимо удалять перед сбросом в водные объекты. На долю промышленности приходится 25% общего объема сброса загрязненных сточных вод. Основными источниками загрязнения водных объектов являются предприятия, осуществляющие целлюлозно-бумажное, химическое, металлургическое производство, полиграфическую деятельность, производство кокса, нефтепродуктов, добычу металлических руд, а также предприятия угольной промышленности. [1]

Нормативная очистка сбрасываемых в водные объекты сточных вод не достигается из-за неполной загрузки очистных сооружений до общей проектной мощности (в среднем на 50%), несоответствия технологии очистки составу сточных вод, недостаточности локальной очистки, неудовлетворительной эксплуатации сооружений биологической очистки и физического износа оборудования.

Для решения этих проблем используются различные методы очистки сточных вод (механических, химических и физико-химических) с применением современного водоочистного оборудования с высокой эффективностью очистки.

Наиболее перспективные направления приобрели ресурсосберегающие технологии, позволяющие при минимальных затратах, наиболее эффективно очищать сточные воды. Одним из таких направлений являются методы очистки сточных вод с использованием электрохимических процессов.

Электрохимические методы являются одними из наиболее эффективных методов очистки сточных вод от различных видов загрязнения. Развитие электрохимических методов очистки стоков, совершенствование и создание новых технических решений позволит решить проблему предотвращения высокой антропогенной нагрузки на водные объекты, создаст условия для использования некондиционных вод в водообороте, а также обеспечит экологическую безопасность потребителей воды.

Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты при относительно простой технологической схеме очистки без использования химических реагентов. Очистку сточных вод электрохимическими методами можно проводить периодически или непрерывно.

Из электрохимических методов очистки сточных вод наибольшее распространение получил электрокоагуляционный метод [2]. Электрохимическая коагуляция – процесс очистки воды от коллоидных и мелкодисперсных примесей с использованием коагулянтов – гидроксидов металлов (алюминия, железа), осуществляемая посредством пропускания через воду направленного электрического тока.

Процесс электрокоагуляции происходит в аппаратах, называемых электролизерами. Электролизер (рис.1) представляет собой сосуд (или несколько сосудов), заполненный электролитом, с размещенными в нем электродами – катодом и анодом [3]. В электрическом поле, которое создается электродами, происходит упорядоченное движение ионов в проводящих жидкостях. Металл анодов под действием постоянного тока ионизируется и переходит в очищаемую воду. Образующиеся в воде гидроксиды алюминия или железа коагулируют дисперсные вещества.

Также возможно применение нерастворимых электродов. При их использовании коагуляция может происходить в результате электрофоретических процессов и разряда заряженных частиц на электродах, образования в растворе веществ, разрушающих сольватные оболочки на поверхности частиц загрязнений (хлор, кислород).

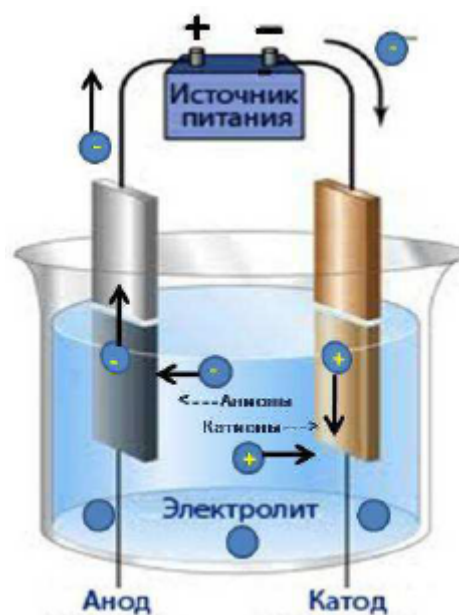


Рис. 1. Процесс электролиза

С повышением концентрации взвешенных веществ более 100 мг/л эффективность электрокоагуляции снижается. С уменьшением расстояния между электродами расход энергии на анодное растворение металла уменьшается. Электрокоагуляцию рекомендуется проводить в нейтральной или слабощелочной среде при плотности тока не более 10 А/м², расстоянии между электродами не более 20 мм и скорости движения не менее 0,5 м/с.

Основными достоинствами электрокоагуляции являются: отсутствие дополнительного загрязнения воды, отсутствие необходимости применения химических реагентов, малая чувствительность к резким изменениям условий процесса очистки, обладает высоким бактерицидным эффектом, отходы имеют хорошие структурно-механические свойства.

Основными недостатками данного метода являются: большая энерго- и металлоемкость процесса, относительно небольшая производительность.

В процессе электрохимической флотации основную роль играют пузырьки водорода и кислорода, которые образуются на катоде и аноде соответственно при электролизе воды.

Газовые пузырьки поднимаются в воде, сталкиваются со взвешенными веществами, прилипают к ним и выносят их на поверхность. При использовании растворимых электродов также происходит процесс коагуляции, что приводит к интенсификации процесса электрофлотации за счет образующихся при этом солей алюминия или железа.

Размер пузырьков водорода при электрокоагуляции значительно меньше, чем при других методах флотации. Их диаметр меняется от 20 до 100 мкм. Мелкие пузырьки водорода обладают большей растворимостью, чем крупные, что способствует их выделению на поверхности частиц загрязнений, интенсифицируя процесс флотации.

Электрохимическую флотацию часто применяют для очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов, пищевых предприятий, а также при разделении и уплотнении активного ила после аэротенков на биологических очистных сооружениях. [4] Оптимальное значение плотности тока 200...260 А/м².

Основным преимуществом метода электрофлотации является высокая степень извлечения обрабатываемой сточной воды от нерастворимых примесей. Недостатками электрофлотации являются недостаточно высокая производительность установок электрофлотации, выброс пузырьков Н₂, затраты на электроды и обслуживание, объемное образование шлама.

Одним из широко применяемых способов очистки промышленных сточных вод является метод контактной коагуляции. Развитием метода контактной коагуляции является электрохимическая фильтрация. Сущность метода электрохимической фильтрации заключается в следующем. Фильтр (рис. 2) загружают, как минимум, тремя слоями гранулированных материалов. Материалы слоя 3 и 5 должны быть электропроводны, иметь разные значения стандартного потенциала. Материал слоя 3 должен быть электроотрицательным, способен образовывать нерастворимый гидроксид, например, алюминий. Материал слоя 5 должен быть электроположительным. Слои 3 и 5 пространственно разделены слоем 4, состоящим из неэлектропроводного зернистого фильтрующего материала. При пропускании воды сквозь фильтрующую загрузку возникает электродвижущая сила между слоями 3 и 5 и гальванический ток. Под действием тока растворяется электроотрицательный материал 3, ионы которого образуют коагулянт на зернах загрузки 4. В слоях 3 и 5 происходят окислительные и восстановительные реакции соответственно, которые существенно влияют на эффект очистки воды при наличии в ней органических загрязнителей. В слое 5 использован активированный уголь, который выполняет, кроме указанных, функцию сорбента [5].

Важным преимуществом электрохимических фильтров является отсутствие энергозатрат на проведение коагуляции и окислительно-восстановительные процессы, простота аппаратного оформления. Единственный серьезный минус — фильтр не очищает воду от тяжелых металлов и радиоактивных элементов. К этому следует добавить, что в воде сохраняются все полезные минеральные вещества.

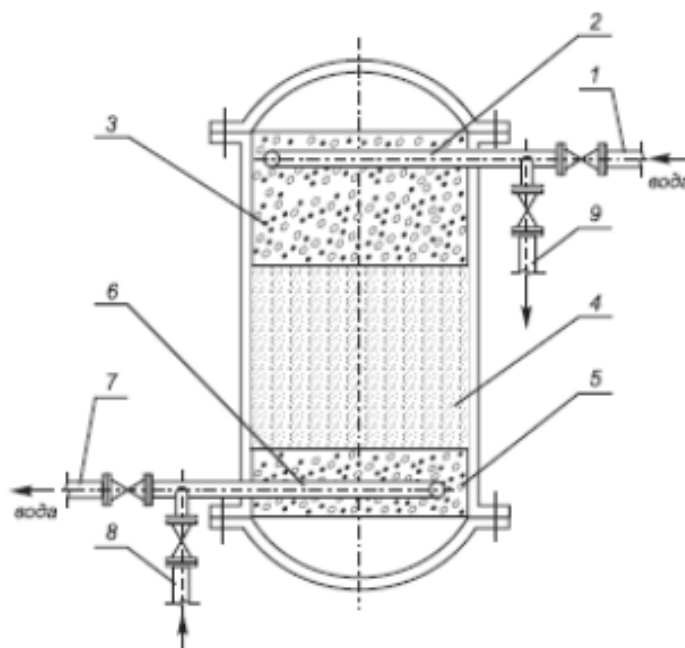


Рис. 2 Схема электрохимического фильтра: 1 – подача исходной воды; 2 – распределительная система; 3 – гранулированный алюминий; 4 – фильтрующий зернистый материал; 5 – активированный уголь; 6 – сборная система; 7 – отвод очищенной воды; 8 – подача промывной воды; 9 – отвод промывной воды

Важным шагом в развитии электрокоагуляции является гальванокоагуляция [6]. Рабочую зону аппарата загружают смесью частиц алюминия 20...70% и меди 80...30%. При контакте разнородных частиц образуется короткозамкнутый гальванический элемент, в котором происходит растворение более электроотрицательного металла, т.е. алюминия. При этом образуется коллоидная гидроокись, которая является основным водоочистным средством. Незначительные расстояния между частицами способствуют повышению плотности тока, что наряду с развитой поверхностью частиц способствует интенсификации растворения металла.

Выбор материала гальванопары определяется конкретной задачей по очистке растворов. Обычно для удаления токсичных металлов применяют кокс-железо, для удаления анионов в качестве анода используют алюминий, для удаления сульфатов в виде окисульфатов алюминия – также алюминий, для удаления благородных металлов – медь. Наиболее эффективно работают гальванопары с активированным углем, что можно объяснить большей интенсивностью окислительных процессов и соответственно более высокими значениями выхода по железу или алюминия. Такие гальванопары позволили существенно расширить диапазон применения гальванокоагуляции в практике очистки сточных вод от тяжелых металлов, а также для удаления солей жесткости и сульфатов из

обрабатываемых жидкостей, извлечения ценных компонентов из зольно-шлаковых отвалов [7, 8].

Гальванокоагуляционный метод целесообразно применять при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов, цветных и благородных металлов, неорганических анионов (сульфатов, хлоридов и др.), флотореагентов, нефтепродуктов и различных органических примесей [9]. Также происходит процесс умягчения воды за счет образования комплексных солей с участием солей жидкости [10].

Достоинствами данного метода являются: отсутствие реагентов, отсутствие выпрямительного оборудования, снижение энергозатрат, вместо листов используются гранулы металла, осадки занимают малый объем, высокая надежность, высокая единичная производительность, обладает свойством авторегулирования, не требуется коррекция pH.

Основные недостатки метода гальванокоагуляции: образуются солеотложения, трудность в обслуживании за счет засорения, образуются не утилизируемые отходы (гидроксиды железа и хрома).

В результате проведенного литературного обзора широкое распространение в настоящее время получил гальванокоагуляционный способ очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, взвешенных веществ и других загрязняющих веществ. Стоит отметить, что гальванокоагуляция включена в реестр ЮНЕСКО в качестве рекомендуемого новейшего метода очистки сточных вод.

Данный метод позволяет сократить затраты на процесс очистки за счет отсутствия необходимости использования химических реагентов, уменьшения затрат на энергоёмкость, меньшей стоимости загрузки.

Также гальванокоагуляция является универсальным методом очистки сточных вод, так как он позволяет очистить воду от основных распространенных видов загрязнений.

Метод гальванокоагуляции во многих технологических характеристиках предпочтительнее электрокоагуляции. В то же время, для очистки больших объемов сточных вод метод не может быть рационально применен из-за значительных размеров оборудования и помещений для его размещения.

Также необходимо создавать инновационные решения интенсификации процесса гальванокоагуляционной очистки сточных вод, так как современным гальванокоагуляционным установкам все сложнее очищать стоки до установленных нормативных требований.

Список литературы

- [1]. Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2009 N 1235-р (ред. от 17.04.2012) «Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года».
- [2]. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. Л.: Недра, 1983. 263 с.
- [3]. Миклашевский Н. В.г Королькова С. В. Чистая вода. Системы очистки и бытовой фильтры. СПб.: БХВ–Санкт-Петербург, «Издательская группа «Арлит», 2000. 240 с.
- [4]. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Балина А., Виноградов М.С. Технология очистки стоков с помощью реагентной флотации // Экология производства. 2013. № 4. С. 60-63.
- [5]. Назаров В.Д., Гурвич Л.М., Русакович А.А. Водоснабжение в нефтедобыче. Уфа: ООО «Виртуал», 2003. 508 с.
- [6]. Пржегорлинский В.И., Иванишвили А.И. Способ очистки сточных вод: пат. 952756 СССР. 1982. Бюл. № 31 (2 ч.). 113 с.
- [7]. Соложенкин, П.М. Теоретические основы и практические аспекты гальванохимической очистки сточных вод. Сообщение 1. Теоретические основы гальванохимической очистки сточных вод // Вода и экология: проблемы и решения. 2007. № 2. С. 3-17.
- [8]. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Балина А., Виноградов М.С., Петрова Е.В. Разработка основ технологии извлечения ценных компонентов из зольно-шлаковых отвалов объектов тепло и электрогенерации // Экология производства. 2013. № 8. С. 9 – 12.
- [9]. Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляйн С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание / под редакцией В.И. Аксенова. В 2 кн. Кн. 1. М.: Теплотехник, 2005. 640 с.
- [10]. Клявлин М.С., Карамов И.В., Талипов Р.А. Определение эффективной комбинации элементов гальванопары в практике умягчения воды // Проблемы строительного комплекса России: сб. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2002. С. 165.