Содержание

Интенсификация процесса конвективной коагуляции примесей воды

Контактная коагуляция

Определение оптимальных доз реагентов

Электрохимическое коагулирование

Литература

Интенсификация процесса конвективной коагуляции (в объеме) примесей воды

Рассмотрение задачи интенсификации процесса конвективной коагуляции примесей воды необходимо начать с анализа основных факторов, которые существенно на него влияют.

С увеличением дозы коагулянта до оптимальной скорость хлопьеобразования и декантации гидроксидов алюминия и железа (III) возрастает. Способствует этому процессу также повышение температуры и перемешивание воды. В зимнее время при низких температурах очистка воды сульфатом алюминия протекает неудовлетворительно: процессы хлопьеобразования и седиментации замедляются, хлопья образуются очень мелкие, в очищенной воде появляется остаточный алюминий (вода опалесцирует), что объясняется увеличением вязкости воды (вязкость воды при 1°С примерно в 2 раза выше, чем при 30°). Во столько же раз, по Стоксу, замедляется и скорость декантации взвешенных в ней частиц, так как эти величины обратно пропорциональны друг другу. Коагулирование примесей воды в образующейся при гидролизе коагулянта коллоидной системе — самый медленный процесс, тормозящий осаждение гидроксида алюминия при низких температурах. Это объясняется тем, что при низких температурах снижаются подвижность коллоидных частиц и частота их соударений, обусловливающих агломерацию. Снижение температуры воды от 30 до 1°С увеличивает период коагуляции примерно в 1,5 раза вследствие уменьшения кинетической подвижности примесей воды и повышения ее вязкости. Однако, подобное снижение подвижности частиц и числа их соударений полностью не объясняет наблюдаемое торможение процесса коагуляции золя гидроксида алюминия при низких температурах. По Е. Д. Бабенкову, подвижность примесей воды и продуктов гидролиза коагулянта при низких температурах больше всего снижается в результате увеличения степени их гидратации, способствующей росту размеров частиц. С возрастанием степени гидратации частиц число их соударений уменьшается, что приводит к стабилизации коагуляции, и система становится более устойчивой. Подтверждением этого является увеличение объема осадка гидроксида алюминия при низких температурах обрабатываемой воды.

Подвижность примесей воды в процессе коагуляции увеличивается при ее перемешивании. Так, при 20°С процесс коагуляции ускоряется примерно вдвое в результате перемешивания, так как при этом одновременно происходит перекинетическаяи ортокинетическая коагуляция\*. Оптимальный эффект достигается уже при 5-минутном перемешивании. Значительное улучшение хлопьеобразования наблюдается при перемешивании воды (скорость 0,2...0,4 м/с) с низкой температурой. Возрастание линейной скорости перемешивания на 0.15...0,30 м/с ускоряет процесс хлопьеобразования примерно вдвое, однако, при дальнейшем ее повышении получается отрицательный эффект, что связано с разрушением сформировавшихся хлопьев. При этом существенное значение имеет температура воды. Так, процесс хлопьеобразования, происходящий при 20ºС, не наблюдается при 2 °С даже при длительном перемешивании. Только в воде с оптимальным рН и щелочностью при длительном перемешивании (около 30 мин) может быть достигнут прежний эффект хлопьеобразования. Ускорения коагулирования примесей воды при низких температурах можно достичь удлинением времени перемешивания. Движущийся поток воды влияет на хлопьеобразование лишь при условии успешного завершения перекинетической коагуляции. Только после этого перекинетическая коагуляция переходит в ортокинетическую. Если быстрое и полное хлопьеобразование не может быть полностью восстановлено при низких температурах перемешиванием, то это свидетельствует о том, что частицы гидроксида не могут вследствие перечисленных причин достичь размеров, при которых начинается ортокинетическая коагуляция.

Коагулирование примесей воды с предварительным растворением сернокислого алюминия в небольшом ее объеме позволяет значительно интенсифицировать процесс. Необходимое для обработки всей воды количество сернокислого алюминия растворяется в небольшом ее объеме с доведением рН до 4,5 ...4,7, когда при гидролизе сернокислого алюминия вместо его гидроксида образуются основные сульфаты, обладающие более высокой сорбционной способностью. Это позволяет сократить продолжительность отстаивания воды и соответственно увеличить пропускную способность отстойников.

Предварительная обработка воды окислителями также повышает эффективность коагуляции. Это объясняется тем, что окислители разрушают гидрофильные органические соединения, стабилизирующие дисперсные примеси воды, и облегчают условия протекания коагуляции. Особенно эффективно применение окислителей при обработке маломутных цветных вод. При этом возрастает гидравлическая крупность хлопьев коагулированной взвеси и интенсифицируется осветление воды.

Уменьшение времени хлопьеобразования при низкой температуре воды и снижение дозы коагулянта может быть достигнуто введением замутнителей. При замутнении воды большую роль играет степень дисперсности вводимых частиц. Существенно (на 30 ...60%) ускоряется процесс хлопьеобразования. при добавлении частиц размером меньше 3 мкм. Рекомендуется вводить в воду высокодисперсную глинистую взвесь в количестве 10 мг/л или скоагулированный осадок в количестве- 0,4 ... 0,6 от дозы коагулянта. При низких температурах и малой мутности воды резко ухудшаются технологические процессы ее очистки, поэтому использование промывных вод скорых фильтров и осадков отстойников и осветлителей для замутнения обрабатываемой воды особенно важно. Рекомендуется сначала вводить промывную воду в количестве 5...25% исходной воды, затем коагулянт. Использование промывной воды и технологических осадков в качестве добавки к исходной воде позволяет улучшить качество очищенной воды, снизить на 25 ...30% расход коагулянта и уменьшить время пребывания обрабатываемой воды в отстойниках, флотаторах и осветлителях.

Эффективное воздействие осадка объясняется тем, что он представляет собой уже готовые крупные частицы такого жё- строения, что и выделяющийся гидроксид. Поэтому время, необходимое для образования сверхмицеллярных агрегатов, сокращается. Таким образом, ускоряется хлопьеобразование, образуются более крупные хлопья, быстрее идет их декантация а следовательно, интенсивнее осветляется вода. Для достижения высокого эффекта осветления рециркулируемый осадок следует вводить в воду за 15... 30 с до введения коагулянта. Осадок рекомендуется применять при рН исходной воды не ниже 7,0. Возраст осадка не должен превышать двух суток с отбором его из шламоотводяших труб горизонтальных отстойников.

Коагуляция примесей воды может быть значительно ускорена ее обработкой смесью коагулянтов. Действие коагулянтов, при этом обоюдно усиливается. Такое явление наблюдается при использовании смеси A12(S04)3 и FeCl3 в соотношении 1:1, 1:2, 2:1 или этих же коагулянтов с силикатом натрия. Подобное улучшение коагуляции достигается обработкой воды смесью неочищенного и очищенного глинозема в соотношении 3:1 или смесью коагулянтов глинозема и хлорного железа в соотношениях 3:1 и 4:1. В ряде случаев вместо сернокислого алюминия для обработки воды используют оксихлорид алюминия. Опыт применения этого коагулянта показал хорошие результаты на ряде водоочистных комплексов.

Улучшения коагуляции можно достичь также обработкой воды сульфатом алюминия или хлорным железом с предварительным выделением их гидроксидов. Сущность этого метода заключается в том, что оптимальная доза сернокислого алюминия и известкового молока вводится в промежуточный реактор, куда подается 1 % обрабатываемой воды. В реакторе образуются первичные хлопья гидроксидов основных солей алюминия, которые обладают высокой сорбционной способностью и хорошо агломерируются в крупные агрегаты. Затем из реактора эта суспензия подается в поток обрабатываемой воды.

Ускорение процесса хлопьеобразования достигается применением метода концентрационного коагулирования, при котором расчетное количество коагулянта вводится лишь в часть обрабатываемой воды. После смешения с раствором коагулянта поток обрабатываемой воды объединяют (обычно в начале камеры хлопьеобразования) с потоком остальной некоагулированной воды. Описанный метод обладает рядом преимуществ: распределение всего коагулянта в части обрабатываемой воды создает условия для ускоренного хлопьеобразования; после смешения с некоагулированной водой хлопья, образованные в условиях повышенной концентрации коагулянта, хорошо сорбируют водные примеси. Однако, этот метод не всегда дает положительные результаты, что объясняется изменением свойств обрабатываемой воды и ее примесей.

К физическим методам интенсификации процесса коагуляции относятся аэрирование, наложение электрического и магнитного полей, воздействие ультразвуком, ионизирующее излучение. Введение сжатого диспергированного воздуха в обрабатываемую воду в смеситель после добавления коагулянта с некоторым разрывом во времени позволяет удалить из зоны коагуляции образующийся при распаде угольной/кислоты диоксид углерода. Своевременное удаление свободной углекислоты из сферы формирования микрохлопьев значительно ускоряет дальнейший ход коагуляции. Аэрирование в количестве 10... ...30% от расхода обрабатываемой воды позволяет снизить расход коагулянта на 25 ... 30% и улучшить качество обработки воды.

Благодаря наложению электрического поля ускоряются процессы хлопьеобразования и' осаждения коагулированной взвеси, повышается степень очистки воды от органических и неорганических примесей фильтрованием; улучшается отделение водорослей. Действие магнитного поля способствует уменьшению структурно-механической гидратации и g-потенциала частиц. Сорбционная емкость гидроксидов коагулянтов по отношению к гуминовым веществам возрастает на 30... 40%- При обработке вод, содержащих минеральные взвеси, магнитная обработка позволяет увеличить плотность и гидравлическую крупность хлопьев скоагулированной взвеси, повысить производительность водоочистных сооружений I ступени и снизить мутность осветленной воды. Магнитная обработка цветной и железосодержащей воды увеличивает плотность скоагулированной взвеси и снижает в 2 ... 8 раз остаточные концентрации примесей. В целях интенсификации коагуляции рекомендуется омагничивать воду за 10 ... 60 с до ввода коагулянта, скорость движения воды в рабочем зазоре магнитного аппарата поддерживать 1 м/с, количество знакопеременных магнитных контуров в генераторе должно составлять 4 ... 6, длительность омагничивания — 0,6... 1,0 с. Возможно омагничивание лишь части (например, половины) обрабатываемой воды с последующим смешением ее (до ввода коагулянта) с .остальной водой. Улучшить ход коагуляции можно также магнитной обработкой раствора коагулянта. При этом эффект активации раствора зависит от напряженности магнитного поля. Расход электроэнергии при омагничивании 1 м3/ч воды составляет 5... 8 Вт-ч.

Процесс очистки воды коагулированием можно улучшить наложением электрического поля. По этому методу исходную воду с введенными в нее небольшими дозами коагулянта пропускают между алюминиевыми электродами, подключенными к источнику тока. При этом сохраняется преимущество метода электролитического коагулирования, а расход электроэнергии не превышает 10 Вт/м3 воды.

Коагуляцию примесей воды улучшает обработка ее ультразвуком. Однако, происходящее при этом разрушение механических примесей, уменьшающее степень полидисперсности суспензии, иногда сказывается отрицательно. Результаты исследований по ультразвуковой коагуляции, проведенные В. Б. Викулиной, показывают, что оптимальные результаты достигаются при относительно низких частотах ультразвука — 8... 18 кГц при продолжительности озвучивания 1 ... 3 мин. С увеличением интенсивности ультразвука возрастает скорость коагуляции.

Воздействие ионизирующих у-, р- и рентгеновских лучей проявляется в ускорении окисления органических и минеральных примесей растворенным в воде кислородом, в результате чего вода обесцвечивается, обеззараживается, дезодорируется, ускоряется осаждение взвешенных примесей. Все перечисленные выше процессы улучшают обработку воды коагулянтами, расширяют сферу их применения.

коагуляция вода примесь

Контактная коагуляция

Контактная коагуляция — технологический процесс осветления и обесцвечивания воды, заключающийся в адсорбции ее примесей с нарушенной агрегативной устойчивостью на поверхности частиц контактной массы. В основе процесса лежат вандер-ваальсовы силы межмолекулярного притяжения. Однако, они определяются только при условии движения жидкости, когда мелкие частицы примесей воды сближаются с зернами фильтрующей загрузки, преодолев при этом электростатические силы отталкивания.

В процессе контактной коагуляции взаимодействуют частицы, значительно различающиеся своими размерами. Частицы примесей воды имеют микро- и ультрамикроскопические размеры, а частицы контактной среды — макроскопические. Прилипание агрегативно неустойчивых примесей воды к поверхности частиц контактной массы является частным случаем коагуляции, носящим название адагуляция. Характерной особенностью этого процесса является большая скорость в сочетании с высоким эффектом при меньших затратах коагулянта. Интенсивность прилипания мелких примесей к относительно крупным зернам загрузки намного превышает скорость агломерации между собой отдельных мелких частиц в свободном объеме жидкости.

При фильтровании воды, обработанной коагулянтом, через песок с размером зерен 0,5 мм ее осветление происходит за 5— 10 с. Подобная глубина осветления воды при конвективной коагуляции частиц с образованием хлопьев достигается за 20— 40 мин. Контактная коагуляция отличается не только высокой скоростью процесса, но и большой полнотой извлечения из воды ее примесей, что позволяет при обработке маломутных цветных вод ограничиваться только одним методом ее кондиционирования. При коагулировании примесей воды в объеме образующиеся хлопья требуют последующего их выделения тем или иным методом.

Практика показала, что эффект контактной коагуляции повышается по мере сокращения интервала между вводом коагулянта в обрабатываемую воду и ее поступлением в слой контактной массы. За этот короткий промежуток времени в обрабатываемой воде успевают образоваться микроагрегаты слипшихся первичных частиц. Далее коагуляция идет за счет коррозии этих микроагрегатов на макроповерхности частиц контактной массы.

Другими особенностями контактной коагуляции является независимость процесса от щелочности и температуры воды, меньшее влияние рН и др.

Водоочистные сооружения, работа которых основана на принципе контактной коагуляции, называют контактными осветлителями, контактными фильтрами, осветлителями со слоем взвешенного осадка.

Определение оптимальных доз реагентов

Доза коагулянта для вод разного состава не одинакова и устанавливается путем пробного коагулирования исходной воды в лаборатории. Оптимальная доза коагулянта вызывает образование крупных, быстро декантирующих хлопьев и не дает опалесценции воды. Существует методика определения показателя коагулируемости воды, под которым понимается способность к коагуляции грубодисперсных и коллоидных примесей, присутствующих в воде, при обработке ее коагулянтом — сернокислым алюминием, проводимой как без подщелачивания воды, так и с ее подщелачиванием. Для ориентировочных подсчетов дозу коагулянта следует определять по СНиП 2.04.02—84, которая в пересчете на безводные A12(S04)3; Fe2(S04)3; FeCl3 при обработке мутных вод принимается (в зависимости от содержания примесей) от 25 до 80 мг/л. При коагулировании воды с повышенной цветностью доза коагулянта находится по формуле ДК=4Ц0'5, где Ц — цветность воды, град.

Дозу ПАА, считая по безводному продукту, можно определить в зависимости от места его ввода. Так, при вводе перед сооружениями I ступени, согласно СНиПу, в зависимости от мутности и цветности исходной воды она варьируется в пределах 0,2... 1,5 мг/л, а при вводе перед фильтрами при двухступенчатой очистке — 0,05... 0,1 мг/л, при вводе перед фильтровальными сооружениями при одноступенчатой очистке — 0,2... ... 0,6 мг/л.

Доза АК, считая по диоксиду кремния, также зависит от места ее ввода: при вводе перед сооружениями I ступени при температуре исходной воды свыше 5...7°С она равна 2... 3 мг/л, а при температуре воды ниже 5 °С — 3...5 мг/л; при вводе перед фильтрами при двухступенчатой очистке — 0,2...0,5 мг/л и при вводе перед фильтровальными сооружениями при одноступенчатой очистке — 1...3 мг/л.

Флокулянты следует вводить в воду через 2...3 мин после ввода коагулянта. При очистке мутных вод допускается введение в воду флокулянтов до коагулянтов или одновременно.

При предварительном хлорировании, которое предусматривается для улучшения хода коагуляции и обесцвечивания воды, а также для поддержания водоочистных сооружений в надлежащем санитарном состоянии, доза хлора принимается 2 ... 4,0 мг/л. Реагент следует вводить в воду за 1... 3 мин до наступления коагулянта и тщательно перемешивать.

При наличии в исходной воде фенолов рекомендуется применять ее преаммонизацию путем введения в воду перед хлорированием аммиака или аммонийных солей в количестве 20 ... 25% (по NH3) от дозы хлора.

При низкой щелочности исходной воды для обеспечения успешной коагуляции ее приходится подщелачивать, для чего в нее вводят известь или соду в количествах, определяемых по формуле

Дщ = Кщ (Дк/ек— Щ0) + 1

где Дк — максимальная в период подщелачивания доза безводного коагулянта, мг/л; Щ0 — минимальная щелочность исходной воды, мг-экв/л; Кщ — коэффициент, равный для извести (по СаО)—28 и для соды (по Na2C03)—53; ек — эквивалентная масса коагулянта (безводного), мг-эквл, принимаемая для A12(S04)3 — 57, FeCl3 — 54, Fe2(S04)3 — 67.

При отрицательной величине Дщ подщелачивание не требуется. Щелочные реагенты следует вводить одновременно с вводом коагулянта или до него.

При дезодорации исходной воды следует применять: тонко- диспергированный порошкообразный уголь, дозу которого назначают (по углю марки «А-щелочной»), руководствуясь результатами технологических исследований, перманганат калия, озон.

Для устранения нежелательных привкусов и запахов возможно комбинированное применение указанных реагентов, при этом активный уголь следует вводить в воду после окислителей.

Дозу фторсодержащего реагента, мг/л, при фторировании воды следует определять по формуле

Дф = 104(mф\*аф - Ф)/(Кф\*Сф),

где mф — коэффициент, зависящий от места ввода реагента в воду, принимаемый при вводе в фильтрат — 1, при вводе перед фильтровальными аппаратами — 1,1; aф — содержание фтора в обработанной воде, мг/л (для средней полосы России для зимнего периода аф=1 мг/л, для летнего — 0,8 мг/л); Ф — содержание фтора в исходной воде, мг/л; Кф — содержание фтора в чистом реагенте, %, принимаемое для кремнефтористого натрия — 61; для фтористого натрия — 45; для кремне- фтористого аммония — 64; для кремнефтористоводородной кислоты — 79; Сф — содержание чистого реагента в товарном продукте, %.

Ввод фторсодержащих реагентов следует предусматривать в фильтрат перед обеззараживанием, возможно, их введение перед фильтрами при двухступенчатой очистке.

Дехлорирование воды производится аэрированием (при небольшом избытке остаточного хлора) или связыванием хлора при введении тиосульфата, сульфита и дисульфита натрия, аммиака, сжиженного оксида серы(IV) или ее фильтрованием через гранулированный активный уголь. Примерные дозы реагентов определяются следующими соотношениями: на 1 мг хлора требуется тиосульфата натрия 0,8 ... 7,2 мг, сульфита натрия — 2,5 ... 3,5 мг, оксида серы(1У)—0,9... 1,1 мг, аммиака — около 0,13 мг.

Последовательность ввода реагентов и их экспозиции надлежит принимать, руководствуясь указаниями табл. 3.6. При невозможности соблюдения указанных рекомендаций между вводом реагентов в трубопроводы перед водоочистным комплексом и смесителем допускается устройство контактных емкостей или дополнительных смесителей, конструкции которых исключали бы вероятность седиментации суспензий дозируемых реагентов.

Таблица 3.6.

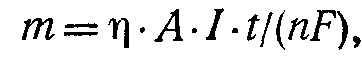
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика воды | Применяемые реагенты для обработки воды | Последовательность введения реагентов в воду |
| 1 | 2 | 3 |
| Не имеющая запахов и привкусов | Хлор, коагулянт | Первичное хлорирование, через 2 ... 3 мин коагулянт |
| С запахом и привкусом, с хлорфенсильным запахом | 1. Коагулянт, озон 2. Хлор, перманганат калия, коагулянт, флокулянт 3. Хлор, активный уголь, коагулянт, флокулянт   4. Хлор, пермангаиат калия, коагулянт | Коагулянт, озон перед фильтрами или в фильтрованную воду Первичное хлорирование, через 10 мин перманганат калия, через 2 ... 3 мин коагулянт, через 2 мин флокулянт:  а) первичное хлорирование, через 10 ... 15 мин активный уголь, через 10 мин коагулянт, через 2 мин флокулянт  б) первичное хлорирование, через 2 ... 3 мин коагулянт, активный уголь дозой до 5 мг/л перед фильтрами Первичное хлорирование, через 10 мин перманганат калия, через 10 ... 15 мин активный уголь, через 10 мин коагулянт |
| С запахом и привкусом, при хлорировании появляется хлорфенольный запах | 1. Аммиак, хлор, коагулянт 2. Коагулянт, озон 3. Пермангаиат калия, хлор, коагулянт 4. Аммнак, хлор, пермангаиат калия, коагулянт, Флокулянт   5.Пермангаиат калия, хлор, активный уголь, коагулянт, флокулянт | Аммиак, через 2 ... 3 мии первичное хлорирование, через 2 ... 3 мин коагулянт Коагулянт, озон перед фильтрами или в фильтрованную воду Пермангаиат калия, через 10 мин хлор, через 2...3 мин коагулянт  Аммиак, через 2 ... 3 мин хлор, через 10 мин перманганат калия, через 2 ... 3 мин коагулянт, через 1 мин флокулянт. Перманганат калия, через 10 мин хлор, через 10...15 мин активный уголь, через 10 мин коагулянт, через 2 мин флокулянт |
| С недостаточным щелочным резервом | Известь, сода, едкий натр | До или одновременно с вводом коагулянта |
| Содержит патогенные бакгернн | Хлор, хлорная известь, гипохлорит кальция или натрия, озон, перманганат калия, аммиак | Обеззараживание путем введения одного из перечисленных окислителей в фильтрованную воду, иногда с преаммонизацией, когда аммиак вводится за 1 ... 2 мин до ввода окислителя |
| С недостаточным содержанием фтора | Кремнефтористый натрий или аммоний, фтористый натрий | Фторирование введением раствора фторсодержащего реагента в воду до или после фильтровальных аппаратов; независимо от места ввода хлора для обеззараживания |
| С повышенной жесткостью | Железный коагулянт, хлор, известь, сода, едкий натр, тринатрийфосфат, гидроксид бария, углекислый барий | При реагентом умягчении воды, предварительное хлорирование, через 2 ... 3 мин коагулянт, через 3 ... 5 мин реагент для умягчения воды |
| Высокая цветность | Хлор и его производные, озон, коагулянт, перекись водорода | Предварительное хлорирование или озонирование, через 3 ... 5 мин коагулянт |
| Избыток хлора в фильтрате | Тиосульфат, сульфит и дисульфит натрия, оксид серы (IV), аммиак | Дехлорирование указанными реагентами не менее, чем через 30 ... 40 мин после ввода хлора для обеззараживания |

Электрохимическое коагулирование

Для осуществления процесса коагуляции в воду могут быть введены вместо коагулянтов ионы тяжелых металлов, полученные электрохимическим путем. Для этого воду пропускают через электролизер — аппарат с опущенными в него электродами — анода (из алюминия или железа) и катода. Питание электролизера осуществляется от постоянного или переменного источника тока. При применении растворимых металлических электродов электродный процесс сопровождается рядом электрохимических явлений и реакций. Их скорость по законам электрохимической кинетики определяется общим значением потенциала на границе металл—раствор, составом воды и условиями диффузии в ней компонентов или продуктов реакции. В процессе электролиза на электродах восстанавливаются или окисляются компоненты электролита. В переносе тока принимают участие все находящиеся в воде ионы, а также имеющие заряд коллоидные и взвешенные частицы.

По С. В. Яковлеву и Я.Д. Раппопорту коллоидные и взвешенные частицы в связи с малой подвижностью переносят незначительную часть электричества. В основном перенос электричества в природных водах осуществляют катионы Са2+, Mg2+, Na+, К+ и анионы S042-, НС03- и С1~, а также ионы Н+ и ОН~, всегда содержащиеся в воде.

Количество металла т, перешедшего из анода в воду в результате электролиза, определяют из выражения



где А — атомная масса металла; F — число Фарадея (96500 Кл); I — сила тока, A; t — время прохождения тока, с; г) η — коэффициент выхода металла по току, %; п — валентность металла.

По П. П. Строкачу, электрохимическое растворение металлов состоит из двух основных процессов — анодного и химического растворения в результате взаимодействия с окружающей средой. Растворению металла анода способствуют повышение температуры воды, присутствие в ней ионов-депассиваторов, наложение постоянного электрического тока, повышение скорости движения воды по отношению к поверхности металла. Поэтому выход алюминия по току может достигать 120% и более. В соответствии с теорией электрохимической коррозии при использовании в качестве анода железа или алюминия природной воде протекают реакции анодного растворения и образования гидроксидов этих металлов. На катоде из железа или алюминия в природной воде происходят деполяризация мигрирующими ионами, деполяризация нейтральными молекулами, восстановление ионов металлов и нерастворимых пленок, а также органических соединений. На алюминиевом катоде при рН 10... 12 в прикатодном слое вероятна реакция взаимодействия алюминия с водой с образованием гидроксида алюминия и водорода во время электролиза и растворения защитной пленки оксида алюминия. Из вышеуказанных катодных процессов в природной воде главенствующим является водородная и кислородная деполяризация.

Электрохимические процессы на металлических электродах сопровождаются адсорбцией на них неорганических и органических веществ, которые могут ускорять или замедлять электрохимические реакции, выделением на электродах пузырьков водорода, кислорода, которые способны выносить вещество из жидкости на поверхность (электрофлотация), электрофорезом (движение в воде взвешенных твердых и коллоидальных частиц, пузырьков газа) и другими явлениями.

С. В. Яковлев и П. П. Строкач, Я.Д. Раппопорт указывают, что на процесс растворения электродов влияют физико-химические, электрические и гидродинамические факторы: активная реакция среды, ее солевой состав, температура, состав электрода, плотность тока, частота смены полярности, скорость движения воды в межэлектродном пространстве и др. Важное значение при электрокоагуляции имеет плотность тока. Наиболее эффективна работа электролизера при высоких плотностях тока, поскольку при этом более полно используется их емкость и рабочая поверхность электродов. Вместе с тем при повышении плотности тока возрастают поляризационные явления и пассивация электродов, что приводит к увеличению напряжения и потерям электроэнергии на побочные процессы. С увеличением плотности тока возрастает скорость химического растворения алюминия и тем в большей степени, чем меньше его частота. Рекомендуется плотность тока в пределах 0,5...

20 мА/см2, расстояние между электродами 10... 15 мм. По мнению Л. А. Кульского, П. П. Строкача и В. А. Слипченко эффективной плотностью тока для удаления из воды большинства загрязнений может быть 1...4 мА/см2, рабочее напряжение на электродах установок не должно превышать 40 В.

Для предотвращения образования осадка на электродах рекомендуется менять на них полярность тока, что не всегда эффективно, так как в период переключения полярности резко снижается выход алюминия по току и трудно удаляются осадки на электродах.

Окисление металлов электродов при электролизе осложняется наступлением пассивного состояния в результате формирования оксидной пленки. При этом потенциал анода смещается в сторону положительных значений. Активность алюминиевого анода в значительной мере зависит от природы и концентрации присутствующих в воде анионов. Из всех анионов на активность алюминиевого анода более всего влияет хлорид- ион. Сущность активизирующего действия хлорид-ионов связана с их небольшими геометрическими размерами и легкостью проникновения через пленку, в результате чего она разрушается. Катализация растворения алюминиевого анода хлорид- ионами также объясняется сильным замедлением процесса образования оксидной пленки, связанной с адсорбционным вытеснением кислорода.

Повышение концентрации сульфатов по отношению к постоянной концентрации хлоридов приводит к полному угнетанию активизирующего действия хлорид-ионов на оксидную пленку.

Повышение температуры воды препятствует формированию осадков на электродах, повышает скорость растворения пассивной пленки, уменьшает ее толщину и защитные свойства. Пленка становится рыхлой и свободно удаляется с поверхности алюминия. Значительно возрастает разрушение оксидной пленки в присутствии хлорид-ионов, сорбция которых на алюминии с повышением температуры увеличивается.

Растворение 1 г металлического алюминия эквивалентно введению в воду 12,3 г A12(S04)3\*18Н20, растворение 1 г металлического железа — введению 4,8 г FeCl3\*6H20 или 4,9 г FeS04\*7H20. Большинство аппаратов для очистки воды электрокоагуляцией представляет собой безнапорные пластинчатые электролизеры. горизонтального или вертикального типа. Пластины или кольца металла располагают вертикально на расстоянии 3...20 мм одна от другой и удерживаются изолирующими вставками, электрический ток подводится к каждой пластине(рис. 3.6). Для упрощения монтажа электрокоагуляторов и уменьшения потребляемой силы тока применяют биполярное подключение электродов, т. е. подвод тока не к каждой пластине, а через несколько пластин. Промежуточные пластины растворяются вследствие поляризации в возникающем электрическом поле.

Метод электрокоагуляции обеспечивает высокий эффект удаления из воды загрязнений в виде взвесей (минерального, органического и биологического происхождения) коллоидов (соединений железа, веществ, обусловливающих цветность воды и т. д.), а также отдельных веществ, находящихся в молекулярном и ионном состояниях. Существенным преимуществом электрокоагуляции перед реагентными методами очистки воды является возможность отказа от строительства громоздких очистных сооружений, занимающих значительные производственные площади. Эксплуатация установок может быть значительно упрощена вследствие того, что электрохимические процессы легко поддаются механизации, управлению и автоматизации. Электрокоагуляция позволяет осуществлять процесс очистки воды в компактных, автоматически действующих и легко обслуживаемых установках и особенно удобна для небольших автономных объектов (на судах речного флота, в сельском хозяйстве, для малых поселков и т. д.).

Современное развитие теплоэнергетики, радиоэлектроники, целлюлозно-бумажного, текстильного и других производств предъявляет повышенные требования к качеству воды, особенно к содержанию в ней соединений кремния, железа, кислорода, органических и других веществ. Однако, еще нет достаточно простых и высокоэффективных методов предварительной подготовки воды. Высокая сорбционная способность электрохимически получаемого гидроксида алюминия по отношению к загрязнениям воды и другие преимущества метода электрокоагуляции позволяют использовать его для очистки технических, питьевых и сточных вод.

К числу недостатков метода следует отнести повышение расхода электроэнергии и металла на единицу обрабатываемой воды.

Литература

Алексеев Л. С., Гладков В. А. Улучшение качества мягких вод. М., Стройиздат, 1994 г.

Алферова Л. А., Нечаев А. П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М., 1984.

Аюкаев Р. И., Мельцер В. 3. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Л., 1985.

Вейцер Ю. М., Мииц Д. М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды. М., 1984.

Егоров А. И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях. М., 1984.

Журба М. Г. Очистки воды на зернистых фильтрах. Львов, 1980.