

Методы удаления железа из воды

Удаление из воды железа - без преувеличения одна из самых сложных задач в водоочистке. Даже беглый обзор существующих способов борьбы с железом позволяет сделать обоснованный вывод о том, что на данный момент не существует универсального экономически оправданного метода, применимого во всех случаях жизни. Каждый из существующих методов применим только в определенных пределах, и имеет как достоинства, так и существенные недостатки. Выбор конкретного метода удаления железа (или их комбинации) в большей степени зависит от опыта водоочистной компании. Существующим методам удаления железа можно отнести:

- Окисление
- Каталитическое окисление
- Ионный обмен
- Мембранные методы
- Дистилляция

1. Окисление

кислородом воздуха или аэрацией, хлором, перманганатом калия, перекисью водорода, озоном с последующим осаждением (с коагуляцией или без нее) и фильтрацией. Традиционный метод, применяемый уже много десятилетий. Так как реакция окисления железа требует довольно длительного времени, то использование для окисления только воздуха требует больших резервуаров, в которых можно обеспечить нужное время контакта. Это наиболее старый способ и используется только на крупных муниципальных системах. Добавление же специальных окислителей ускоряет процесс. Наиболее широко применяется хлорирование, так как параллельно позволяет решать проблему с дезинфекцией. Наиболее передовым и сильным окислителем на сегодняшний день является озон. Однако установки для его производства довольно сложны, дороги и требуют значительных затрат электроэнергии, что ограничивает его применение. Необходимо отметить также, что в концентрированном виде (например, на точке ввода в воду) озон является ядом (как, собственно говоря, и многие другие окислители) и требует очень внимательного к себе отношения.

Частицы окисленного железа имеют достаточно малый размер (1-3 мкм) и поэтому осаждаются достаточно долго, поэтому применяют специальные химические вещества - коагулянты, способствующие укрупнению частиц и их ускоренному осаждению. Применение коагулянтов необходимо также потому, что фильтрация на муниципальных очистных сооружениях осуществляется в основном на устаревших песчаных или антрацитовых осветлительных фильтрах (не способных задерживать мелкие частицы). Однако даже применение современных фильтрующих засыпок не позволяет фильтровать частицы размером менее 20 микрон.

У всех перечисленных способов окисления есть ряд недостатков.

Во-первых, если не применять коагулянты, то процесс осаждения окисленного железа занимает долгое время, в противном же случае фильтрация не коагулированных частиц сильно затрудняется из-за их малого размера.

Во-вторых, эти методы окисления (в меньшей степени это относится к озону) слабо помогают в борьбе с органическим железом.

В-третьих, наличие в воде железа часто сопровождается наличием марганца. Марганец окисляется гораздо труднее, чем железо и, кроме того, при значительно более высоких уровнях pH.

Все вышеперечисленные недостатки сделали невозможным применение этого метода в сравнительно небольших бытовых и коммерческо-промышленных системах, работающих на больших скоростях.

2. Каталитическое окисление с последующей фильтрацией.

Наиболее распространенный на сегодняшний день метод удаления железа, применяемый в высокопроизводительных компактных системах. Суть метода заключается в том, что реакция окисления железа происходит на поверхности гранул специальной фильтрующей засыпки, обладающей свойствами катализатора (ускорителя химической реакции окисления). Наибольшее распространение в современной водоподготовке нашли фильтрующие засыпки на основе диоксида марганца (MnO_2): Birm, Greensand, и др. Эти фильтрующие засыпки отличаются между собой как своими физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца и поэтому эффективно работают в разных диапазонах значений характеризующих воду параметров. Однако принцип их работы одинаков. Железо (и в меньшей степени марганец) в присутствии диоксида марганца быстро окисляется и оседает на поверхности гранул фильтрующей среды. Впоследствии большая часть окисленного железа вымывается в дренаж при обратной промывке. Таким образом, слой гранулированного катализатора является одновременно и фильтрующей засыпкой. Для улучшения процесса окисления в воду могут добавляться дополнительные химические окислители. Наиболее распространенным является перманганат калия $KMnO_4$ ("марганцовка"), так как его применение не только активизирует реакцию окисления, но и компенсирует «вымывание» марганца с поверхности гранул фильтрующей засыпки, то есть регенерирует ее. Используют как периодическую, так и непрерывную регенерацию.

Все системы на основе каталитического окисления с помощью диоксида марганца кроме специфических (не все из них работают по марганцу, почти все они имеют большой удельный вес и требуют больших расходов воды при обратной промывке) имеют и ряд общих недостатков.

Во-первых. Они неэффективны в отношении органического железа. Более того, при наличии в воде любой из форм органического железа, на поверхности гранул фильтрующего материала со временем образуется органическая пленка, изолирующая катализатор - диоксид марганца от воды. Таким образом, вся каталитическая способность фильтрующей засыпки сводится к нулю. Практически «на нет» сводится и способность фильтрующей засыпки удалять железо, так как в фильтрах этого типа просто не хватает времени для естественного протекания реакции окисления.

Во-вторых, системы этого типа все равно не могут справиться со случаями, когда содержание железа в воде превышает 10-15 мг/л, что совсем не редкость. Присутствие в воде марганца только усугубляет ситуацию.

На принципе каталитического окисления основана работа фильтров-обезжелезивателей из нашего ассортимента, как фильтры серии FB, FG и FGC.

3. Ионный обмен

Ионный обмен как метод обработки воды известен довольно давно и применялся в основном для умягчения воды. Раньше для реализации этого метода использовались природные иониты (сульфоугли, цеолиты). Однако с появлением синтетических ионообменных смол эффективность использования ионного обмена для целей водоочистки резко возросла.

С точки зрения удаления из воды железа важен тот факт, что катиониты способны удалять из воды не только ионы кальция и магния, но и двухвалентные металлы, а значит и растворенное двухвалентное железо. Причем теоретически, концентрации железа, с которыми могут справиться ионообменные смолы, очень велики. Достоинством ионного обмена является также и то, что он «не боится» верного спутника железа - марганца, сильно осложняющего работу систем, основанных на использовании методов окисления. Главное же преимущество ионного обмена то, что из воды могут быть удалены железо и марганец, находящиеся в растворенном состоянии. То есть совсем отпадает необходимость в такой капризной и грязной (из-за необходимости вымывать ржавчину)

стадии, как окисление.

Однако на практике, возможность применения обменных смол по железу сильно затруднена. Объясняется это следующими причинами:

Во-первых, применение катионитов целесообразно там, где существует также и проблема с жесткостью воды, так как железо удаляется из воды вместе с жесткостью. Там, где ситуация с жесткостью достаточно благополучная, применение катионитов нерационально.

Во-вторых, ионообменные смолы очень критичны к наличию в воде трехвалентного железа, которое «обволакивают» смолу и очень плохо из нее вымывается. Именно поэтому нежелательно наличие в воде не только уже окисленного железа, но и растворенного кислорода и других окислителей, наличие которых может привести к его образованию. Этот фактор накладывает также ограничение и на диапазон pH, в котором работа смол эффективна.

В-третьих, при высокой концентрации в воде железа, с одной стороны возрастает вероятность образования нерастворимого трехвалентного железа (со всеми вытекающими отрицательными последствиями - см. выше) и, с другой стороны, гораздо быстрее истощается ионообменная ёмкость смолы. Оба этих фактора требуют более частой регенерации, что приводит к увеличению расхода таблетированной соли.

В-четвертых, наличие в воде органических веществ (в том числе и органического железа) может привести к быстрому «зарастанию» смолы органической пленкой, которая одновременно служит питательной средой для бактерий.

Тем не менее, именно применение ионообменных смол представляется наиболее перспективным направлением в деле борьбы с железом и марганцем в воде. Задача заключается в том, чтобы подобрать такую комбинацию ионообменных смол (подчас весьма сложную и многокомпонентную), которая была бы эффективна в достаточно широких пределах параметров качества воды.

На принципе ионного обмена работают предлагаемые нашей компанией универсальные умягчители - обезжелезиватели серии FSF.

4. Мембранные методы

Мембранные технологии достаточно широко используются в водоподготовке, однако удаление железа отнюдь не главное их предназначение, скорее побочный эффект. Этим и объясняется тот факт, что применение мембран пока не входит в число стандартных методов борьбы с присутствием в воде железа. Основное назначение мембранных систем - удаление бактерий, простейших и вирусов «холодная стерилизация», частичное или глубокое обессоливание, подготовка высококачественной питьевой воды. То есть они предназначены для глубокой доочистки воды.

Если же говорить о применении таких технологий только для очистки воды от железа, то это очень дорогое удовольствие.

Тем не менее, микрофильтрационные мембраны пригодны для удаления уже окисленного трехвалентного железа, ультрафильтрационные и нанофильтрационные мембраны также способны удалять коллоидное и бактериальное железо, а обратноосмотические мембраны удаляют даже растворенное органическое и неорганическое железо.

Практическое же применение мембран для работы по железу ограничено следующими факторами:

Во-первых, мембраны даже в большей степени, чем фильтрующие засыпки (см. «Каталитическое окисление») и ионообменные смолы (см. "Ионный обмен"), критичны к «зарастанию» органикой и забиванию поверхности нерастворимыми частицами. Это означает, что мембранные системы требуют достаточно тщательной предварительной подготовки воды, в частности - удаления взвесей и органики. То есть мембранные системы применимы либо там, где нет органического, коллоидного, бактериального и трехвалентного железа, либо проблема с этими загрязнениями должна быть

предварительно решена другими методами.

Во-вторых, стоимость. Мембранные системы пока недешевы и их применение рентабельно только там, где требуется очень высокое качество воды (например, в пищевой или медицинской промышленности).

5. Дистилляция

Дистилляция является давно известным и проверенным способом глубокой очистки воды.

Принцип дистилляции фактически повторяет круговорот воды в природе.

Вода, испаряясь, освобождается практически ото всех растворенных и нерастворенных примесей. В дистилляторах для ускорения естественного процесса испарения воды применяется нагревание (в подавляющем большинстве случаев с помощью электричества) воды до температуры кипения, что приводит к интенсивному образованию пара. При этом механические частицы, содержащиеся в воде (включая, бактерии, вирусы и прочую «живность», а также коллоиды и взвешенные частицы) оказываются слишком тяжелыми, чтобы быть подхваченными паром. Одновременно почти все растворенные в воде химические вещества (включая соли железа, других тяжелых металлов, соли жесткости и т.д.) достигают предела своей растворимости (за счет повышенной температуры и особенно увеличения концентрации - вода-то постоянно улетучивается) и выпадают в осадок. Таким образом, вместе с паром могут "вознестись" только летучие органические соединения (среди которых, правда и такие опасные, как тригалометан - потенциальный канцероген - и другие). Именно поэтому в дистилляторах часто устанавливают фильтр доочистки на основе активированного угля из скорлупы кокоса.

В дальнейшем пар, охлаждаясь (в природе - в верхних слоях атмосферы, в дистилляторах - в специальных конденсаторах, простейшим из которых является змеевик), конденсируется, опять превращаясь в воду. Этот конденсат и является той высокоочищенной водой, которую называют дистиллятом. Иногда дистиллированную воду «прогоняют» через дистиллятор еще раз и получают так называемый би-дистиллят. Дистиллированную воду достаточно широко используют в промышленности, медицине, в химических лабораториях. Хорошо всем известный пример использования дистиллированной воды - заливка в аккумуляторы автомобиля. В быту же дистилляторы не нашли широкого применения.

И дело здесь совсем не в непригодности дистиллированной воды для питья. Вредность такой воды из-за отсутствия в ней «полезных» минеральных веществ (см. «Вода и полезные минеральные вещества») - это скорее укоренившийся предрассудок.

Дистиллированная вода действительно имеет невысокие вкусовые качества, часто ее вкус характеризуют как «затхлый». Связано это с тем, что такая вода - это действительно жидкость без вкуса (!) и запаха (см. любой учебник по химии). То есть вкус дистиллированной воды не затхлый - он никакой. Мы же привыкли, что вода имеет вкус (пусть даже едва уловимый), который определяется ее минеральным составом и наличием растворенных газов. Однако с точки зрения влияния на здоровья нет никаких свидетельств того, что дистиллированная вода непригодна для питья.

Ограниченность же применения дистилляторов в настоящее время объясняется следующими причинами.

Во-первых, бытовые дистилляторы имеют малую производительность.

Во-вторых, в бойлере дистиллятора постоянно образуются осадок, накипь и т.п., которые надо вычищать.

В-третьих, дистилляторы излучают тепло и в довольно значительных количествах.

В-четвертых, дистилляторы потребляют значительное количество электроэнергии, что для многих применений делает их использование менее рентабельным, чем обратный осмос или деминерализация на ионообменных смолах.