

## ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

---

УДК 66.911 : 546.212 : 538.6

С.С.ДУШКИН, д-р техн. наук

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ПУТИ ИХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ**

Проанализированы современные методы очистки природных вод и определены пути их интенсификации. Отмечено, что к числу перспективных методов можно отнести использование активированного раствора коагулянта в очистке воды.

В результате развития промышленности, сельского хозяйства и создания водохранилищ в воду рек, озер и морей попадают не известные ранее вещества, подчас трудно определяемые анализом. Разрабатываются новые аналитические методы для контроля за содержанием загрязнений воды, изыскиваются более совершенные методы их удаления, однако спектр новых загрязнений расширяется намного быстрее. В настоящее время гигиенические нормы определяют содержание в воде около 500 различных химических веществ, их число, безусловно, будет возрастать [1]. В то время, когда усилия специалистов направлены на борьбу с известными загрязнениями, все больше новых примесей в воде остаются неизвестными, степень их ядовитости — неустановленной.

При современных темпах развития всех отраслей народного хозяйства непрерывно увеличивается ассортимент подлежащих удалению примесей, поэтому стандартный подход к решению задач водоочистки без учета многообразия загрязнений и продуктов их взаимодействия оказывается весьма узким и грозит превращением технологии водоподготовки в набор не всегда оправдывающих себя эмпирических методов и приемов. В такой ситуации первоочередной задачей является создание научно обоснованной системы, которая позволила бы показать зависимость процессов и методов удаления примесей от их состояния и физико-химических свойств. Другими словами, необходимо найти обобщающие, закономерные связи между физико-химическими характеристиками примесей воды и технологическими приемами ее обработки.

На основании многолетних исследований в Институте коллоидной химии и химии воды им. А.В.Думанского АН УССР (ИКХХВ) академик АН УССР Л.А.Кульский создал новое теоретическое направ-

ление, обосновывающее процессы удаления органических и неорганических соединений, которые составляют главную массу загрязнений как природных, так и сточных вод. Новая теория вооружила исследователей и практиков гибкими и надежными методами борьбы не только с различными загрязнениями водоемов, но и с развивающимися в водной среде весьма опасными для человека микроорганизмами, с синезелеными водорослями и продуктами их жизнедеятельности, т.е. со всем тем, что в большинстве случаев трудно поддается действию обычных средств для очистки и дезинфекции воды. В основу теории положена связь между физико-химическим состоянием примесей, находящихся в воде, и технологическими процессами их удаления.

Существуют методы, интенсифицирующие процесс коагуляции, предусматривающие создание оптимальных условий для быстрого и полного разделения гетерогенной системы, которой являются природные воды, что в практике водоочистки сводится к получению легкооседающих круглых хлопьев с сильно развитой поверхностью и к сокращению времени формирования их. К числу наиболее распространенных технологических методов интенсификации процесса коагуляции при очистке воды относятся следующие:

способы, требующие внесения в воду дополнительных реагентов (флокулянтов, окислителей, замутнителей, регуляторов pH воды);

технологические (улучшение условий смешения реагента с водой и перемешивания в камерах хлопьеобразования, рациональный ввод реагентов в воду);

физические (обработка воды ультразвуком в магнитном и электрическом полях, радиационным облучением и т.д.);

улучшение гидравлических условий коагуляции.

Наиболее эффективный способ интенсификации процессов очистки воды гидролизующими коагулянтами – флокуляция. Из органических флокулянтов широко используются природные и синтетические высокомолекулярные флокулянты (ВМФ), из неорганических – активная кремнекислота. ВМФ, растворенные в воде, либо находятся в неионизированном состоянии в виде ассоциаций молекул, либо диссоциируют на ионы.

Эффективные результаты осветления воды получены отстаиванием ее при совместном применении полиакриламида и сульфата алюминия. Ионы алюминия вызывают сжатие двойного электрического слоя у поверхности твердых взвешенных частиц, ускоряя коагуляцию суспензий и облегчая процесс флокуляции. Молекулы полиакриламида, адсорбируясь на поверхности компонентов мутности, превращают хлопья в большие и прочные агрегаты. Это позволяет сократить время

отстаивания, повысить скорость движения воды в отстойниках и компенсировать недостаточный объем и малое время пребывания воды в смесителях и камерах хлопьеобразования.

Применение АК позволит повысить производительность сооружений. При удовлетворительном качестве воды, достигнутом в результате обработки ее коагулянтom, применение АК, ускоряющей флокуляцию и обеспечивающей образование более крупных хлопьев, дает возможность достичь необходимого осветления еще до выхода ее из отстойника. В связи с этим появляется реальная перспектива увеличения нагрузки на эксплуатируемое сооружение без ухудшения качества выходящей воды. Введение АК дает возможность не только нормализовать, но и значительно интенсифицировать процессы осветления и обесцвечивания воды коагулянтom, не прибегая к ее дополнительному подщелачиванию. Применение АК в технологии осветления природных вод позволяет рассчитывать горизонтальные отстойники по повышенным скоростям осаждения и значительно уменьшать их длину. Способность АК изменять физико-химические свойства гидроксида алюминия открывает возможность использования ее для оптимизации свойств осадков, образующихся в порах загрузки.

Один из методов интенсификации коагуляции связан с внесением в обрабатываемую воду минеральных замутнителей. Частицы искусственных замутнителей выполняют роль дополнительных центров кристаллизации продуктов гидролиза, способствуя ускорению коагуляции примесей при очистке маломутных вод. Кроме того, при замутнении обрабатываемой воды происходит утяжеление хлопьев коагулированной взвеси, увеличение их гидравлической крупности. Частицы замутнителя могут сорбировать или растворенные примеси, что способствует увеличению глубины очистки воды или ионы, определяющие степень устойчивости зелей, что облегчает условия коагуляции. Наиболее распространенные замутнители – глины, отрицательно заряженные частицы, которых коагулируют под действием электролитов. Для образования хороших хлопьев концентрация глин должна быть 10-15 мг/л. Другими утяжеляющими наполнителями являются порошкообразный кремнезем, известняк и активный уголь, обладающий дополнительным преимуществом – высокой адсорбционной способностью. Введение замутнителя при низкой температуре обрабатываемой воды сокращает время хлопьеобразования на 30-80% и оптимальную дозу коагулянта.

Для улучшения хлопьеобразования и качественных показателей обрабатываемой воды рекомендуют также обработку воды сульфатом алюминия с предварительным выделением его гидроксида. Сущность

этого процесса заключается в том, что расчетная доза сернокислого глинозема и известкового молока вводится в промежуточный раствор, куда подается 1% обрабатываемой воды. В реакторе образуются мелкие хлопья гидроксида и основных солей алюминия, которые обладают высокой адсорбционной способностью и хорошо агломерируются в крупные хлопья. Затем эта суспензия подается в поток воды, поступающей на станцию очистки.

Решающее значение для процесса осветления воды имеют условия смешения реагента с водой. По данным исследователей [1], проведение процессов смешения воды с коагулянтom и хлопьеобразования в оптимальных условиях приводит к существенной экономии коагулянта, позволяет сократить время пребывания воды в отстойниках за счет образования быстрооседающих хлопьев и снизить нагрузку на фильтры по загрязнениям. Период "быстрого" смешения (если наблюдается фаза перикинетической коагуляции) с водой в смесителях оказывает существенное влияние на эффективность коагуляционной очистки. Режим работы смесителей должен быть таким, чтобы коагулянт вступил в контакт с максимальным числом частиц загрязнений до того, как закончатся реакции гидролиза и полимеризации.

Большое значение в повышении эффективности процесса коагуляции имеет выбор более совершенной технологической схемы ввода реагентов в обрабатываемую воду. Концентрированное раздельное коагулирование предполагает введение всего сульфата алюминия, необходимого для обработки воды, в небольшой объем исходной воды (в раствор) с таким расчетом, чтобы рН в нем было в пределах 4,5-4,8. В результате гидролиза сульфата алюминия образуются основные сульфаты  $Al(OH)SO_4$  и  $Al_2(OH)_4SO_4$ , обладающие большим удельным весом, чем гидроксид алюминия  $Al(OH)_3$ , и большей сорбционной емкостью к органическим загрязнениям природных вод. Преимущества метода концентрированного коагулирования заключаются в ускорении процесса хлопьеобразования (образовавшиеся в условиях повышенной коагуляции, хорошо удаляют примеси) и уменьшении на 30% расхода коагулянта. Улучшение процесса очистки воды наблюдается при раздельном коагулировании, при котором коагулянт вводится только в 40-50% общего количества воды. Объем коагулянта при этом составляет примерно 70-80% того, что необходимо для обработки воды обычным способом. В обработанной части воды происходит интенсивное хлопьеобразование, так как доза коагулянта оказывается здесь значительно выше оптимальной. Обработанную воду с уже сформированными хлопьями смешивают с необработанной таким образом, чтобы хлопья не разрушались. Способ раздельного коагулирования позво-

ляет снизить расход коагулянта и повысить грязевую нагрузку на фильтры, что увеличивает продолжительность фильтроцикла.

Прогрессивным направлением технологии очистки воды является применение электрохимических методов, в частности очистки воды в электролизере с растворимыми электродами, известного в литературе под названием "электрокоагуляция". В случае применения таких электродов процесс сопровождается совокупностью электрохимических явлений и реакций, скорость которых согласно законам электрохимической кинетики определяется общим значением потенциала на границе металл - раствор, составом последнего и условиями диффузии компонентов или продуктов реакции в нем. В результате 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, которые в связи с малой подвижностью переносят незначительную часть электричества. В основном перенос электричества в природных водах осуществляют катионы  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ , анионы  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  и  $Cl^-$ , а также ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , всегда содержащиеся в воде.

Анализ существующих методов улучшения физико-химических условий коагуляции примесей природных вод показывает актуальность задачи разработки новых, более эффективных как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам методов, интенсифицирующих процессы коагуляции при очистке воды. К их числу относится рассматриваемый в данной работе метод магнитно-электрической активации растворов реагентов, позволяющий интенсифицировать процессы очистки воды, улучшить ее качество уменьшить габариты сооружений реагентного хозяйства, снизить расход реагентов и себестоимость осветленной воды. Технологическая и экономическая эффективность этого метода подтверждена широким производственным внедрением его на очистных сооружениях городского водопровода Украины и ряде промышленных предприятий [2].

1. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами. - М.: Наука, 1977. - 356 с.

2. Кульский Л. А., Душкин С. С. Магнитное поле и процессы водообработки. - К.: Наукова думка, 1988. - 112 с.

Получено 23.09.2002