

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ  
(ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ) ПРИРОДНЫХ ВОД СЛОЖНОГО СОСТАВА  
МЕМБРАННЫМИ МЕТОДАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДУЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ  
МЕМБРАН**

*Ю.М. Аверина*

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева*

Для разработки энергоресурсосберегающей, надежной и одновременно эффективной технологии очистки природных вод сложного состава, были учтены все основные недостатки существующих технологий обезжелезивания, деманганации, удаления растворенных в воде газов и солей жёсткости воды, на основе сопоставления их с энергетической и экологической рациональностью.

Обычно лимитирующей стадией процесса окисления является взаимодействие растворенных в воде элементов (в основном железо и марганец) с кислородом, растворенным в воде и с кислородом воздуха на границе раздела фаз вода-воздух. Практически единственным доступным способом интенсификации процесса окисления двухвалентного железа кислородом воздуха является существенное увеличение поверхности контакта с ним обрабатываемой воды.

Проводя исследования по ускорению тепло- и массообменных процессов за счет использования волновых гидродинамических устройств (ВГУ), не имеющих движущихся деталей и электрических цепей и использующих энергию потока перекачиваемой жидкости для реализации кавитационных и нелинейных резонансных эффектов в многофазных средах, было предложено использовать такие ВГУ для уменьшения среднего размера диспергированных в воде пузырьков воздуха и увеличения времени их всплытия для интенсификации процесса окисления ионов  $Fe^{2+}$  и  $Mn^{2+}$ . Средний размер получаемых при таких условиях пузырьков диспергированного воздуха в воде составляет 10 мкм. Такое сочетание обеспечивает максимальное кислородное насыщение воды и повышенную эффективность окисления ионов  $Fe^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  с быстрым переводом их во взвешенную форму.

Помимо этого, в обрабатываемой воде за счет кавитационных явлений происходит частичное выделение растворенного в ней  $CO_2$ , что в свою очередь приводит к выпадению части солей жесткости в осадок, но, что важно, в объеме обрабатываемой воды.

Основные проблемы существующих технологий очистки воды с успехом решаются с помощью применения нашей разработки – метода волновой обработки, генерируемой самой средой (водой) при её прохождении через ВГУ. Данный метод очистки исключает применение различных химических реагентов.

Предлагаемый метод включает в себя:

- модуль предварительной очистки;
- модуль окисления;
- модуль тонкой очистки.

Модуль предварительной очистки природных вод, способен удалять из воды механические загрязнения размером более 100 мкм с эффективностью не менее 95%.

Модуль предварительной очистки природных вод по производительности будет рассчитан на 1 м<sup>3</sup>/ч, а в качестве фильтрующего элемента возможно использование нержавеющей сетки с размерами проходных отверстий от 0,05 до 0,075 мм.

В качестве модуля окисления применяется волновое гидродинамическое устройство (ВГУ), представляющее собой достаточно простой в эксплуатации агрегат, основным узлом которого является рабочая камера, в которую через входные тангенциальные каналы под давлением поступает жидкость. За счет сообщения потоку вращательной составляющей,

возникающие в нем центробежные силы приводят к образованию радиального градиента статического давления. При этом скорость жидкости у стенки значительно превышает ее среднее значение, а у оси потока жидкости происходит резкое падение давления, позволяющее эжектировать воздух непосредственно в рабочую камеру ВГУ. В рабочей камере образуется совершающая автоколебания кавитационная каверна, от которой постоянно отрываются кавитационные пузырьки, которые сносятся исходящим потоком в диффузор, где происходит их схлопывание, приводящее к созданию мощных волн давления. При этом параметрами потока и геометрией аппарата можно устанавливать четко заданную частоту и амплитуду волнового воздействия, что позволяет реализовать оптимальные условия обработки.

Модуль мембранной очистки является окончательным звеном в построении системы очистки на основе новых технических решений и технологий.

Модуль мембранной очистки, основан на фильтрующих материалах, способных образовывать на своей поверхности каталитические пленки для обеспечения очистки воды от примесей размером более 0,2 мкм с эффективностью не менее 99 % и возможность проведения более 1000 регенераций без использования химических реагентов.

Использование такого материала обеспечивает ряд решающих технико-экономических преимуществ по сравнению с аналогами.

В процессе комплексного метода обезжелезивания очищаемая вода поступает в модуль первичной очистки, где происходит удаление примесей с размером более 100 мкм, а затем поступает на модуль окисления. В модуле окисления происходит окисление растворенного железа и марганца до его нерастворимых соединений, находящихся во взвешенной форме. Наряду с этим в результате кавитационных явлений в обрабатываемой воде из неё выделяется часть растворенного  $\text{CO}_2$ , в результате чего часть солей жёсткости выпадает в осадок в объёме жидкости.

После прохождения модуля окисления кислородом воздуха очищаемая вода поступает в модуль тонкой очистки, где вода очищается от примесей размером более 0,2 мкм, проходя через высокоэффективные фильтрующие материалы, способные образовывать на своей поверхности каталитические пленки.

Данная технология обладает рядом преимуществ:

- высокая скорость процесса окисления железа;
- отсутствие необходимости использования химических реагентов;
- возможность изменения в широком диапазоне составов обрабатываемой воды;
- легкое интегрирование в уже существующие системы очистки;
- долговечность и простота конструкции (не содержит движущихся частей);
- не требует больших капитальных затрат;
- минимизирует количество сточных вод и шлама;
- компактность и простота эксплуатации.