

УДК 536.42

## ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНЫХ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН

И.Г. Чигаев, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова

*Рассмотрено состояние подземных вод Алтайского края, современные методы обезжелезивания и перспективы применения мембранных процессов. Приведены результаты исследования полимерных ультрафильтрационных полуволоконных мембран по очистке воды от железа.*

*Ключевые слова: обезжелезивание, мембранные методы.*

### ВВЕДЕНИЕ

Алтайский край обладает значительными ресурсами питьевых и технических вод, однако по санитарно-химическим показателям удельный вес нестандартных проб воды подземных источников в 2006-2010 гг. составляет 23,6% [1] (Рисунок 1).

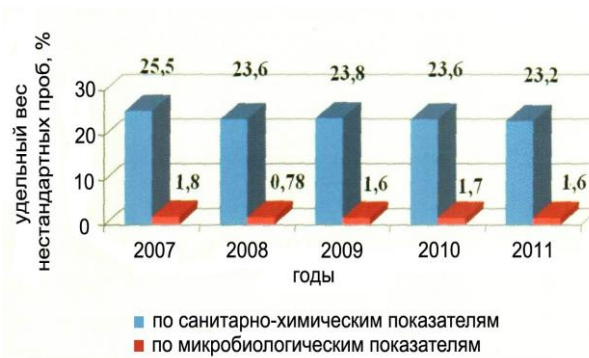


Рисунок 1 - Удельный вес нестандартных проб воды подземных источников Алтайского края по годам

Данный показатель характеризует качественный состав воды, используемой для питьевых целей, в ней отмечается превышение в 1,5-2 раза показателей минерализации: сухой остаток, жесткость, хлориды, сульфаты и недостаточное содержание фтора. Острой проблемой остается превышение содержания железа в подземных водах, которое составляет 3-10 ПДК, марганца – до 40 ПДК. В некоторых источниках наблюдается сверхнормативная жесткость воды. Повышенное содержание железа в воде вызывает зарастание трубопроводных сетей и водоразборной арматуры, делает воду непригодной для питья и крайне вредной для здоровья человека [2].

На сегодняшний момент предложено и внедрено большое число методов удаления железа, которые можно разделить на две

группы: реагентные и безреагентные. Для обезжелезивания подземных вод широкое распространение получили безреагентные методы, такие как аэрация с последующим фильтрованием, электрокоагуляция, «сухая» фильтрация. Из реагентных методов применяется фильтрование через модифицированную загрузку. Основным недостатком безреагентных способов очистки является необходимость комбинирования нескольких методов обезжелезивания для достижения требуемой эффективности, что приводит к значительному увеличению габаритов установки и ее стоимости. К недостаткам реагентных методов относятся необходимость использования реагентов для формирования (модифицирования) загрузки и для ее регенерации, что сопровождается увеличением эксплуатационных затрат таких установок [3,4].

Для очистки питьевых и технических вод от железа наряду с классическими методами интересно применение мембранных технологий очистки. Современные микро-, ультра-, нанофильтрационные и обратноосмотические мембраны отличаются большим разнообразием материалов как самих мембран, так и конструкций мембранных модулей. Мембранные технологии начинают все шире использоваться в водоочистке для обессоливания воды, получения ультрачистой воды и т.д. [5,6].

Однако применение мембран для обезжелезивания подземных вод ограничивается рядом факторов, таких как концентрационная поляризация и гелеобразование на поверхности мембраны, существенно снижающие их характеристики, низкая удельная производительность установок, высокая стоимость мембранных модулей.

При этом некоторые типы мембран менее подвержены влиянию описанных факторов. Наиболее подходящими для обезжелезивания природных вод являются микро- и



Рисунок 2 – УФ мембрана

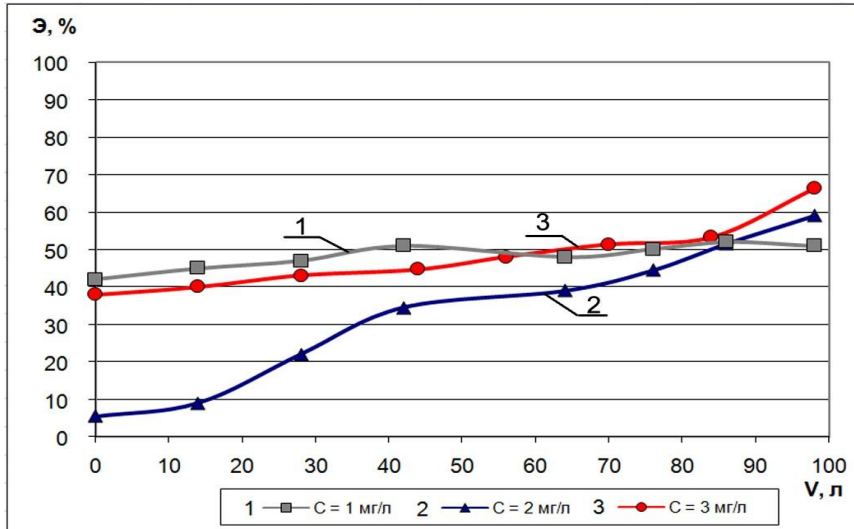


Рисунок 3 – Зависимость эффективности (Э) очистки от объема (V) пропущенной воды

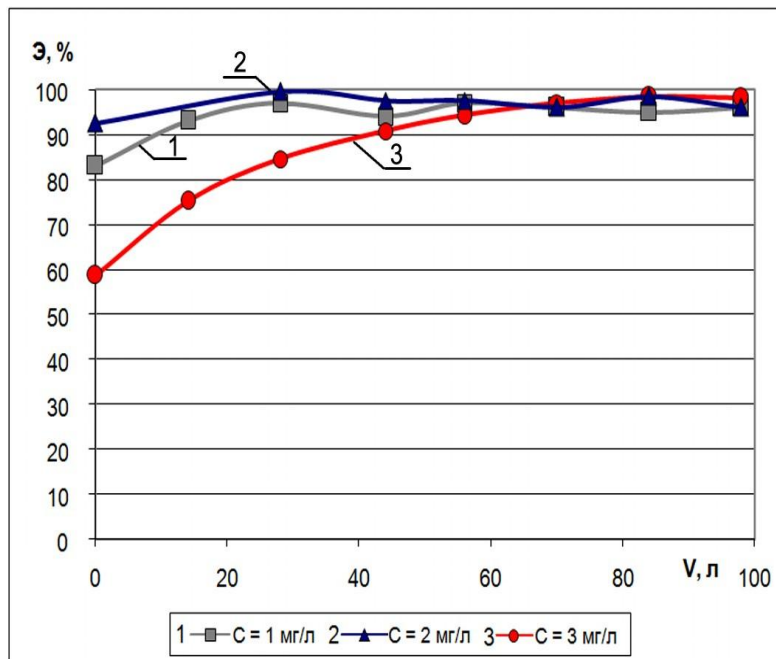


Рисунок 4 - Зависимость эффективности (Э) очистки от объема (V) пропущенной воды при применении упрощенной аэрации

ультрафильтрационные полуволоконные (УФ) мембраны. Это тип мембран обладает рядом существенных преимуществ, таких как: большая плотность укладки волокон ( $m^2/m^3$ ), относительно невысокие требования к качеству исходной воды, возможность визуально оценить состояние мембраны.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для исследования, нами была выбрана полимерная ультрафильтрационная полуволоконная мембрана (Рисунок 2) производства компании Filcore (Корея).

Мембрана представляет собой U-образный пучок из полых волокон с внешним диаметром 0,59 мм, размер пор 0,1 мкм, общая площадь 0,35  $m^2$ , максимальная производительность мембраны 2 л/мин, максимальное давление 0,41 МПа, максимальная температура 40 °С, материал мембраны - полисульфон. Исследовались модельные растворы с концентрациями 1, 2 и 3 мг/л иона  $Fe^{2+}$ . Фиксировались время фильтрации (общее время 50 мин.), концентрации ионов  $Fe^{2+}$  фотометрическим методом, температура и давление. Значение pH в модельных растворах выдерживалось в диапазонах 6,7-6,9, так как в природных водах значение pH обычно колеблется в пределах 6,2-7,5. Температура воды выдерживалась в диапазонах 12-15°С. Результаты экспериментов показаны на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, эффективность очистки по  $Fe^{2+}$  при pH 6,7-6,9 не превышает 70%, что объясняется незначительным содержанием железа в коллоидной форме. Однако при проведении предварительной упрощенной аэрации эффективность очистки с применением ультрафильтрационных мембран возрастает до 90-98% (рисунок 4).

Улучшение эффективности очистки связано с интенсификацией процесса окисления железа кислородом воздуха, образовании

коллоидов в объеме воды, а также пленки на поверхности мембраны из ионов и оксидов железа. Для интенсификации описанных процессов возможно использование и других методов водоочистки, таких как предварительная электрокоагуляция, окисление, известкование.

При дальнейшем фильтровании, в обоих случаях, не наблюдается изменения эффективности очистки в большую или меньшую сторону. Обрастание поверхности мембраны загрязнениями приводит к постепенному снижению производительности и росту давления над мембраной.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что эффективное использование полимерных ультрафильтрационных полуволоконных мембран для обезжелезивания подземных вод возможно лишь в сочетании с другими методами очистки, в частности с упрощенной или глубокой аэрацией.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2011 году. – Барнаул, 2012. – 200 с.
2. Е.Л. Войтов. Подготовка питьевой воды из подземных источников в экологически неблагоприятных регионах: монография / Е.Л. Войтов, Ю.Л. Сколупович; Новосибир. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин) – Новосибирск: НГАСУ, 2010. 220 с.
3. Водоподготовка: Справочник. /Под. ред. д.т.н., С.Е. Беликова. М.: Аква-терм, 2007. -240с.
4. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М., Стройиздат, 1978. 160 с.
5. Мудлер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир. 1999г.
6. Колзунова Л.Г. Баромембранные процессы разделения: задачи и проблемы // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2006. №5. 65-76 с.

УДК 536.42

## ОЧИСТКА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ ОТ ФЕНОЛА

Т.А.Краснова, Н.С.Голубева, О.В.Беляева

*В настоящей работе представлены результаты изучения адсорбции фенола в присутствии минеральных солей активным углем СКД-515 в статических и кинетических условиях. Установлено, что присутствие в растворе минеральных компонентов влияет на адсорбционную емкость и увеличивает скорость процесса массопереноса фенола.*

*Ключевые слова: активные угли, адсорбция, фенол.*