

15. Щербина В.М. Моделирование спиралеобразных дискретно представленных кривых/ Виктор Михайлович Щербина [Текст]: Дис. ... к.т.н.: 05.01.01 – прикладная геометрии, инженерная графика. Научн. конс. д.т.н. В.М. Найдыш. ТГАТА. – Мелітополь, 2002. – 139 с.
16. Мовчан С.І. Інтенсифікація системи оборотного водопостачання як запорука екологічної безпеки водних об'єктів / С.І. Мовчан. Соціальні та екологічні технології: актуаль-

ні проблеми теорії і практики» матеріали VIII Міжнародна інтернет – конференція 8-9 червня 2016 р. Електронний ресурс; редкол.: Фурса В.О. [секретар оргкомітету], Корнієнко К.О. [упорядник збірника], Павленко С.С. [коректор текстів], KG – studie [дизайн макету] Мелітопольський інститут екології і соціальних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна». м. Мелітополь, 2016.– С. 89-95.

УДК 628.543

Юрченко В.О.,*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры***Михайленко В.Г., Антонов О.В.***Институт проблем машиностроения им. А.М. Подгорного НАН Украины*

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТНОГО И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО УМЯГЧЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫХ ВОД

Умягчение воды - извлечения из воды солей Ca^{2+} и Mg^{2+} в водоподготовке - является одним из самых распространенных процессов обработки воды в промышленности. Наиболее часто умягченная вода используется для питания парогенераторов и теплосетей, в теплообменных аппаратах, в пищевой промышленности, в промышленности синтетических волокон и в других отраслях. Особенно это важно при подготовке воды для котлов, так как позволяет уменьшить расход топлива, увеличить срок службы парогенераторов между ремонтами и, в конечном счете, повысить экономичность их работы [1, 2].

Относительно селективное удаление солей жесткости из воды может производиться различными методами: физическими (дистилляция, вымораживание, электродиализ, баромембранными, магнитно-ионизационными методами, магнитной обработкой и др.), химическими реагентными (известкование, известково-содовым, содово-натриевым и другими методы), физико-химическими (ионообменный катионитный). Выбор метода умягчения воды определяется ее качеством, необходимой глубиной умягчения и технико-экономическими показателями [2-6].

В энергетике и промышленности для умягчения большого количества воды в виду низкой себестоимости широко применяют реагентные методы как первую ступень очистки до механических фильтров. Недостатком данного способа умягчения является низкая скорость фильтрования осадков. Поэтому способ применяют на объектах, где есть возможность постройки и размещения больших резервуаров для отстаивания воды. Кроме того в результате такого умягчения воды повышается ее минерализация и образуются трудно утилизируемые шламы [2].

Электрохимический метод умягчения воды (относительно новый для объектов теплоэнергетики) основан на процессах электролиза, поляризации, электрофореза, окислительно-восстановительных реакция с деструкцией органических веществ и инактивацией биологических загрязнений, которые происходят при прохождении воды через межэлектродное пространство. Продукты электролиза взаимодействуют друг с другом с образованием нерастворимых солей [7]. Основным недостатком этого метода является высокая стоимость оборудования - электродов (анода), изготавливаемых из драгоценных металлов.

Целью данной работы является сравнительная оценка в лабораторных исследованиях эксплуатационных показателей умягчения воды (глубины умягчения и фильтрующихся характеристик осадков) реагентным методом (при помощи содо-известкования) и электрохимическим методом при помощи обработки в двухкамерном биполярном электролизере с инертным анодом из диоксида свинца, и катионообменной мембраной.

Модельные природные воды готовили путем растворения в дистиллированной воде CaCO_3 и MgCO_3 при обработке CO_2 с последующим добавлением навесок хлорида и сульфата, а в необходимых случаях - еще и гидрокарбоната натрия. Состав модельных растворов: общая щелочность (ОЩ) - 6,5-8,0 мг-экв/дм³, общая жесткость (ОЖ) 8,5-9,5 мг-экв/дм³, Ca^{2+} 4,5-5,0 мг-экв/дм³, Mg^{2+} 4,0-

4,5 мг-экв/дм³, SO_4^{2+} 120-196 мг/дм³, Cl^- 20,5-40,5 мг/дм³. Гидрохимический анализ воды выполняли по методикам, рекомендованным нормативными документами Украины.

Лабораторная установка умягчения воды работает следующим образом (рис.1): входная вода из сборника 1 подается в катодную камеру электромембранных аппарата 3, которая отделена от анодной камеры катионообменной мембраной СМІ - 7000 фирмы «Membranes International Inc.». Под действием электрического тока катионы переходят из анодной камеры, через катионообменную мембрану в катодную камеру, образуя щелочь. Вступая в реакцию с гидрокарбонатом кальция и карбонатом магния, щелочь образует нерастворимые соединения карбоната кальция и гидроксида магния. Эти соединения выпадают в осадок в виде хлопьев.

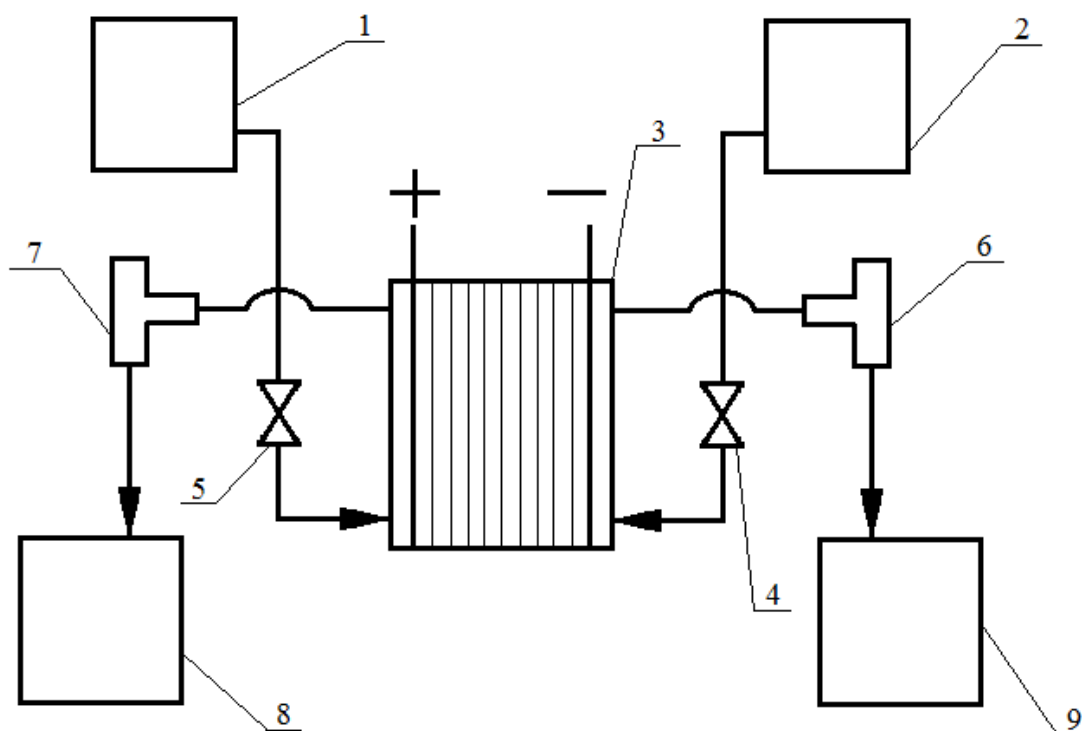


Рис. 1. Схема лабораторной установки электромембранного умягчения воды в динамическом режиме: 1- сборник исходной воды, 2- сборник анодного раствора, 3- мембранный электролизер, 5- регулировочный вентиль, 6,7- воздушники, 8 - приемник католита, 9 - приемник анолита

Вода с образованными хлопьями вытекает из катодной камеры электролизера и поступает в приемную емкость католита - 8, где хлопья отделяются от воды в виде осадка. В данной установке использовался специально разработанный нами комбинированный электрод, включающий анодную часть из титана с активным покрытием из двуокиси свинца и катодную часть из стали, разделенные несущей основой из диэлектрика [8].

Содово-известковое умягчение проводили следующим образом: модельные растворы подогревали до 40°C и подщелачивали суспензией Ca(OH)₂. После этого раствор выдерживали на протяжении 3 часов для частичного снятия пресыщения по карбонату кальция, а потом фильтровали и анализировали.

Усредненные результаты умягчения воды разными методами представлены в табл. 1.

Как видно максимальное умягчение воды при электрохимической обработке достигало 0,34 мг-экв/дм³, а содово-известковым методом 1,24 мг-экв/дм³. Глубина извлечения жесткости двумя методами зависела от рН завершения процесса обработки. При электрохимическом умягчении наибольшее удаление общей жесткости наблюдалось в диапазонах рН 11-12,0, кальциевой жесткости – при рН 10,5-11, магниевой – при рН 11,5 - 12,0. Наибольшее удаление общей жесткости при реагентной обработке наблюдалось при рН 11,0-11,5. При рН 12,0 в процессе известково-содового умягчения концентрация ионов Ca²⁺ уже растет вследствие образования избытка относительно хорошо растворимого Ca(OH)₂.

Таблица 1 – Сравнительные результаты умягчения модельных вод реагентным и электрохимическим методами в лабораторных экспериментах.

Метод умягчения воды	Остаточная концентрация	Значения рН при завершении процесса				
		10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
Содово-известковый	Ca ²⁺ , мг-экв/дм ³	0,413	0,238	0,238	1,413	2,775
	Mg ²⁺ , мг-экв/дм ³	3,688	2,863	1,0	0,244	0,181
	ЗЖ, мг-экв/дм ³	4,101	3,101	1,238	1,657	2,956
Электрохимический	Ca ²⁺ , мг-экв/дм ³	0,4	0,188	0,188	0,194	0,194
	Mg ²⁺ , мг-экв/дм ³	3,7	2,925	1,038	0,206	0,144
	ЗЖ, мг-экв/дм ³	4,1	3,113	1,226	0,4	0,338

Второй важной задачей исследования электромембранного умягчения воды стало сравнение фильтровальных свойств осадков, которые образуются при реагентном и электрохимическом умягчении. Для этого обработанную воду с осадком фильтровали через складчатый фильтр площадью 1,517·10⁻² м². Уровень воды поддерживали неизменным по верхнему краю воронки. Среднее давление фильтрования составило 167 Па. Для определения сопротивления чистого фильтра предварительно фильтровали дистиллированную воду. После прохождения 20 см³ воды отнимали время фильтрования 4-х равных порций по 100 см³ воды. Поскольку обработка воды известью с целью ее умягчения вносит в систему дополнительные объемы твердой фазы, в качестве базы для сравнения был выбран способ химического

умягчения воды с помощью обработки кальцинированной содой и едким натром, что является полным химическим аналогом исследуемого электромембранного процесса. Удельную производительность процесса фильтрации рассчитывали по закону Дарси:

$$\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{oc} + R_{ф.н.})} \quad (1)$$

где: μ - динамический коэффициент вязкости обрабатываемой воды Па·с; R_{oc} и $R_{ф.н.}$ – сопротивление слоя осадка и фильтровальной перегородки соответственно, м⁻¹; S – площадь фильтра, м²; $d\tau$ – временной интервал, с; dV – объем фильтрата, полученный за час $d\tau$, м³; ΔP – перепад давления при фильтровании, Па.

Отсюда фактор сопротивления осадка равен:

$$\mu(R_{oc} + R_{ф.н.}) = \frac{Sd\tau\Delta P}{dV} \quad (2)$$

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис.2.

Как видно, сопротивление слоя осадка, полученного при электрохимическом умягчении воды, растет существенно медленнее, чем при химической обработке. Аналогичные результаты нами получены при фильтровании воды, умягченной известково-содовым, содово-натровым и электрохими-

ческим способами через полиамидную сетку с размером ячейки 10 мкм.

Итак, шлам умягчения, который образуется при электрохимической обработки воды, имеет лучшие фильтрационные свойства, чем шлам, образующийся при реагентной обработке, и может быть отделен не только в громоздком и габаритном контактном осветителе, но и в других, более компактных аппаратах - флотаторе или безнапорном сетчатом фильтре с центром сетки 10 мкм.

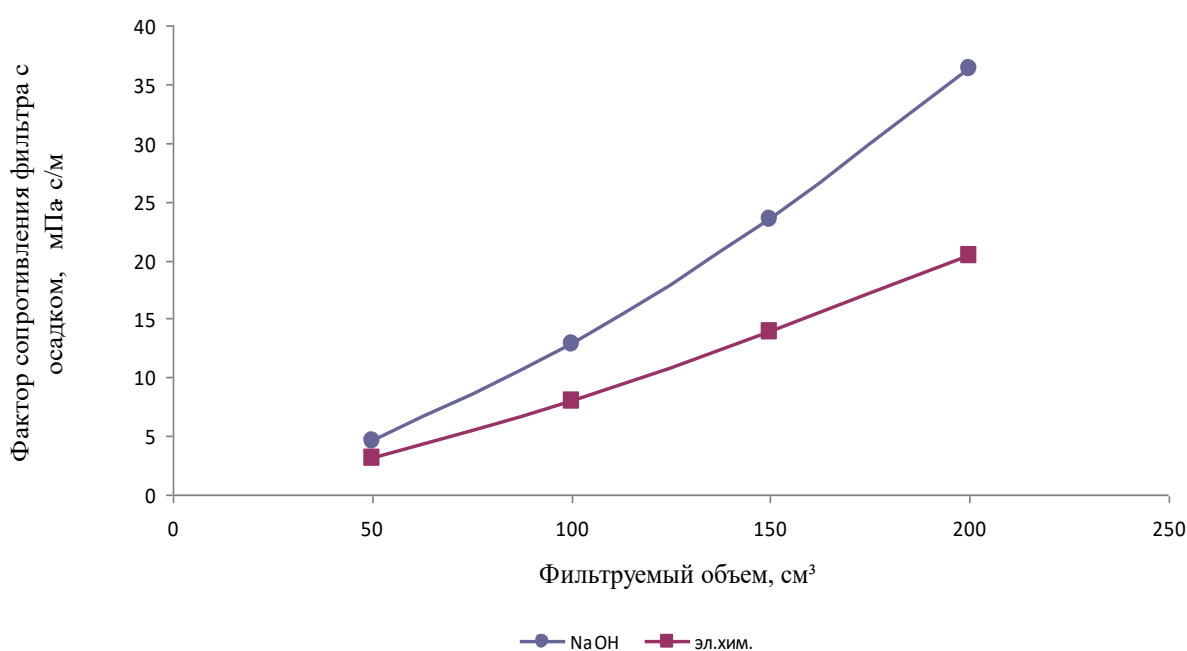


Рис. 2. Изменение сопротивления осадка при фильтрации

Таким образом, применение экономически привлекательного электромембранных умягчения воды в мембранном электролизере с анодом из диоксида свинца вместо традиционного известково-содового умягчения приводит к значительному увеличению глубины извлечения соединений жесткости, позволяет отказаться от использования громоздких контактных осветителей и не увеличивает минерализацию воды.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007.– 240 с.
2. Чайковский Г.П. Умягчение воды на промышленных предприятиях: Учеб. пособие/

- Г.П. Чайковский. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. – 127 с.
3. Гомеля, Н.Д. Кондиционирование воды для ресурсосберегающих систем водопользования [Текст] / Н.Д. Гомеля, Т.А. Шаблей, Ю.В. Носачева // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №4. – С.55-58.
4. Matheel D. Al-Sabti. New technological root for regenerating demineralized water plants for safe environment International //Journal of Water Resources and Environmental Engineering. - 2011. -Vol. №3(2). -P. 52-56.
5. Radosavlevici I.R., Robescu D.N. Demineralization of water with mixed-layer ion-exchangers // Environmental Engineering and Management Journal 2013, Vol.12, No. 1, 137-145.

6. Hafez A.I., Zahr El-Deen H.M., El-said M.H., Khalil E. M. Cleaning and Protecting Demineralization Plant from Organic matter/Iron Fouling // International Journal of Advanced Scientific and Technical Research. 2015.-Issue 5. – Vol. 2. - P. 22-41.
7. Ильин В. И., Варакин С.О., Колесников В.А., Кокарев Г.А. Электрохимическая подготовка природных вод // Сантехника. – 2001. - №5. –С.15-19.
8. Михайленко В.Г., Антонов А.В. Пат. України № 38849, Спосіб електроосадження плюмбум двооксиду. Заявл. 01.07.2008р., Опубл. 26.01.2009р., Бюл. №2, 2009 р.

УДК 696.135

Бойко В.А.

Одеський державний аграрний університет

Таварткіладзе І. М.

Київський Національний університет будівництва та архітектури

ВИКОРИСТАННЯ ДИСКОВИХ ОБЕРТОВИМ БІОФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД СЕЛИЩ, ЯКІ РОЗТАШОВАНІ ПОБЛИЗУ ЗОН РЕКРЕАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ

В Україні на даний час склалася дуже небезпечна ситуація з якістю питної води, яка є наслідком забруднень поверхневих та підземних джерел неочищеними стічними водами [1].

В останні роки в багатьох регіонах України ведеться активна котеджна забудова. У зв'язку з цим все більш актуальною стається проблема будівництва в сільській місцевості локальних автономних очисних споруд, зокрема систем зовнішньої каналізації. Будівництво міні підприємств, готелів, та автозаправних комплексів, кемпінгів, терміналів, значно віддалених від міської інфраструктури, але розрахованих на високий рівень виробництва і обслуговування, ще більш збільшує потребу в подібного роду спорудах.

З метою поліпшення екологічного стану екологічно небезпечних територій необхідно використовувати технології очистки стічних вод. Особливо це стосується каналізування селищ, які розташовані поблизу зон рекреаційного призначення.

Аналізуючи ситуацію в Одеській області щодо забезпечення очисними спорудами каналізації [2]., можна зробити висновок о перспективах розвитку в галузі водовідведення в розрізі поліпшення екологічної ситуації, використовуючи автономні системи очищення стічних вод. Аналіз переваг та обмежень перспективного розвитку Одеської області щодо систем очистки стічних

вод, представлено у табл.1.

Однією з слабких сторін перспективного розвитку Одеської області є незадовільний стан водопровідно-каналізаційного господарства., який потребує удосконалення. Тому в даній роботі було запропоновано використання дискових обертових біофільтрів для очищення стічних вод селищ, розташованих поблизу зон рекреаційного призначення.

Мета і завдання

Застосування схем з використанням дискових обертових біофільтрів (ДОБ), дозволяє створювати багатоступінчасту технологію очистки з оптимальним поєднанням біоценозів: іммобілізованого (на дисках), зваженого в ємності і адаптованого до широкого спектру забруднень на різних стадіях біологічних процесів, включаючи нітрифікацію і денітрифікацію.

За допомогою ДОБ можна здійснювати очистку стічних вод різного походження. Найкращі результати отримані при очищенні стічних вод з концентрацією по БПК 0,2 - 0,4 г/л [3 - 5].

Для інтенсифікації процесів очистки в ДОБ в даній роботі було запропоновано спосіб [6] розосередженої подачі стічних вод

Результати дослідження

Поставлена задача вирішується тим, що в пропонованому способі здійснюють рівномірно-розосереджену подачу потоків стічних вод в біофільтри в кожен секцію через трубопроводи.