

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы(пәнаралық)  
= Вестник науки Казахского агротехнического университета им.С.Сейфуллина  
(междисциплинарный). - 2022. – № 4 (115). –Ч.2. – С.116-124

**doi.org/ 10.51452/kazatu.2022.4.1254**

**УДК 556.114.3**

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖЕСТКОСТИ И pH-ФАКТОРА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ГОРОДА АСТАНА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕЕ ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

*Мехтиев Али Джаванширович*

*Ассоциированный профессор, доцент*

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: barton.kz@mail.ru*

*Герасименко Татьяна Сергеевна*

*Кандидат технических наук*

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: melary-5@mail.ru*

*Сарсикеев Ермек Жасланович*

*PhD*

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: sarsikeev.ermek@yandex.ru*

### **Аннотация**

Хорошо известно, что повышенная жесткость воды отрицательно влияет на системы горячего водоснабжения как в бытовых, так и в промышленных теплообменных устройствах. Интерес к таким темам, как устранение жесткости воды, предотвращение накипи и другие, связанные с умягчением воды, вырос, особенно в 2000-х годах. Этот рост обусловлен необходимостью предотвращения образования накипи карбоната кальция для более эффективных систем теплообмена и снижения потребления энергии.

Статья посвящена вопросам исследования уровня жесткости воды и pH фактора в определенных районах города Астаны, а также способам уменьшения ее жесткости и устранения накипи в системах водоснабжения и в бытовых нагревательных приборах. При помощи экспериментального образца устройства магнитной обработки воды, были получены результаты по улучшению качества воды и повышению ее pH- фактора.

В данной статье очень подробно рассмотрены химические процессы кристаллизации солей жесткости и выявлены причины их образования.

**Ключевые слова:** накипь; жесткость воды; системы очистки воды; электромагнитная очистка.

## Введение

Карбонат кальция является одним из самых распространенных минералов в природе и, как правило, солью, вносящей наибольший вклад в жесткость воды. В определенных случаях карбонат кальция содержит в себе в различной пропорции примеси магния  $Mg^{2+}$ , стронция  $Sr^{2+}$ , бария  $Ba^{2+}$ , железа  $Fe^{2+}$  и марганца  $Mn^{2+}$ . Он является одним из основных соединений в образовании накипи, способным кристаллизоваться в виде кальцита, арагонита или ватерита (причем последний встречается реже) рисунок 1.

Наименее склонен к образованию накипи – арагонит, он

имеет более высокую плотность, чем кальцит, но при значительно высоких температурах он тоже осаждается на внутренней поверхности электронагревательных устройств. Кальцит термодинамически намного более стабилен, чем арагонит. Арагонит относят к неустойчивым минералам, потому что с течением времени он преобразуется в схожий по характеристикам кальцит. Процесс можно ускорить воздействием высоких температур. Кальцит может содержать примеси железа, марганца, стронция и др [1].

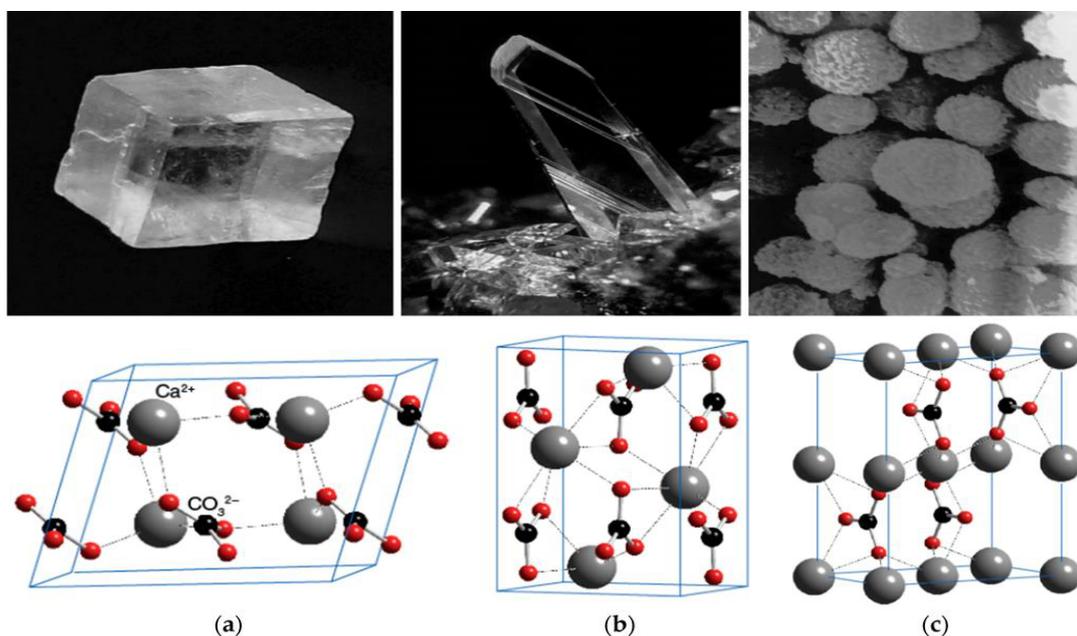


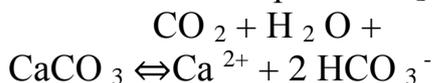
Рисунок 1. Внешний вид и кристаллические структуры полиморфов карбоната кальция (а - кальцит; б – арагонит; в – ватерит).

Ватерит менее стабилен, чем кальцит или арагонит, имеет более высокую растворимость чем любой из этих этапов. Следовательно, как

только ватерит подвергается воздействию воды, он преобразуется в кальцит (при низкой температуре)

или арагонит (при высокой температуре: ~ 60 ° C).

Осаждение солей карбоната кальция имеет тенденцию, отличную от других минералов, поскольку производство растворимости уменьшается с повышением температуры, что приводит к осаждению карбоната. Кроме того, атмосферный CO<sub>2</sub> очень важен в карбонатно-бикарбонатной системе. Эта взаимосвязь между CO<sub>2</sub> и CaCO<sub>3</sub> показывает, что увеличение содержания CO<sub>2</sub> приводит к растворению CaCO<sub>3</sub>, а устранение CO<sub>2</sub> вызывает осаждение CaCO<sub>3</sub> по реакции [2]:



При воздействии на поток воды постоянных магнитов происходит

### Материалы и методы

В 2022 году нами были взяты пробы на анализ исследования качества воды из различных районов

кристаллизация карбоната кальция, и он превращается в арагонит у которого уровень адгезии гораздо меньше, поэтому накипь не прилипает к поверхностям теплообмена. Это объясняется теорией магнито-гидродинамического резонанса: при пересечении жидкостью магнитных силовых линий создается сила Лоренца, которая и вызывает структурную перестройку карбоната при ее попадании в резонанс с собственными колебаниями молекул или ионами.

Еще одним немаловажным фактором в образовании накипи является рН фактор воды, так как он оказывает большое влияние на растворимость тяжелых металлов, тем самым способствуя образованию карбонатных солей.

города Астаны. Результаты исследований показаны на гистограмме (рисунок 2).

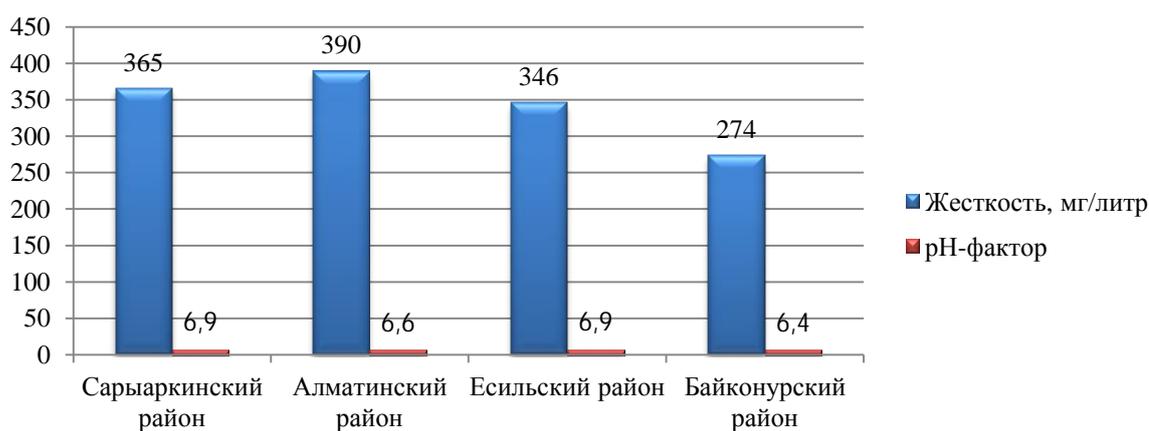


Рисунок 2 – Гистограмма обследования качества воды в районах города Астана

Как видно из рисунка уровень жесткости водопроводной воды не одинаков в различных районах

города. Самый высокий показатель жесткости водопроводной воды в более старых районах (Алматинский,

Сарыаркинский), что позволяет судить об изношенности и загрязнении водопроводной системы

города. Показатель жесткости воды варьируется от ограниченно приемлемой (300 мг/литр) до жесткой (400 мг/литр) и не превышает предельно допустимых значений – 500 мг/литр. Что касается рН- фактора, то его показатель немного ниже нейтрального (7), ближе к кислотной среде с положительным зарядом.

Выпадение карбонатов в системах водоснабжения с нагревательными установками является очень распространенной проблемой. Наличие отложений накипи связано с техническими проблемами, такими как засорение дренажа и снижение теплопередачи, а это увеличивает затраты на техническое обслуживание и энергию [3].

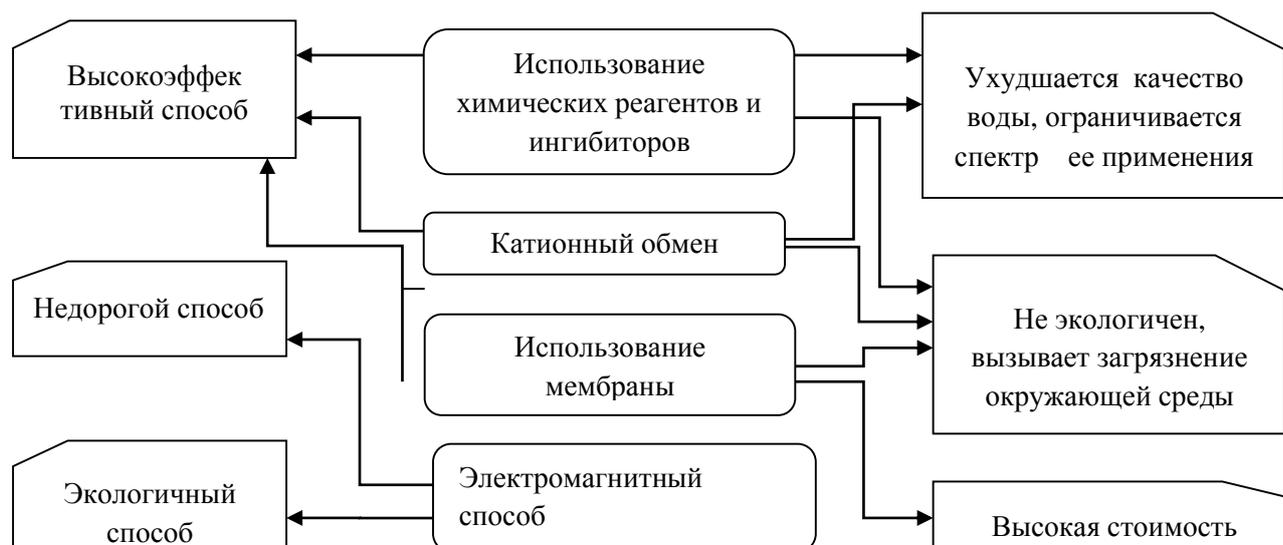
Так же отмечено, что соли жесткости делают воду непригодной для питья, требуют значительного расхода химических реагентов для систем теплоснабжения, повышают расход синтетических моющих средств в производственных (прачечные) и бытовых условиях.

Тщательное изучение данных методов позволило выявить их

Также накипь является причиной выхода из строя теплоэнергетического оборудования, теплообменных аппаратов, нагревательных элементов бойлеров, стиральных машин, электрических чайников и другого оборудования, предназначенного для нагрева воды.

Во избежание данных проблем, существуют различные методы, снижающие жесткость воды и исключают образование накипи. Некоторыми из наиболее распространенных являются химическое умягчение; использование ингибиторов для предотвращения осаждения; катионный обмен; электрохимическая и мембранная обработка. В дополнение к этим методам, считающимся «классическими», существуют также неинтрузивные методы воздействия, которые, по-видимому, не изменяют состав, такие как магнитные и электромагнитные методы, которые находятся на стадии коммерческого использования [4-10].

основные преимущества и недостатки (рисунок 3).



### Рисунок 3 – Преимущества и недостатки классических методов умягчения воды

Для устранения накипи мы предлагаем принципиально новую конструкцию электромагнитного устройства, предназначенного для обработки воды, которая впоследствии будет использоваться для нужд теплоэнергетики или бытовых систем нагрева воды. Устройство состоит из немагнитной части трубопровода, которая выполнена в виде отрезка трубы из пластика и системы излучателей, которые расположены поверх

трубопровода и не контактируют с водой. Это позволяет избежать известных недостатков ранее предложенных устройств для магнитной и электромагнитной обработки воды, так как постоянные магниты приходилось размещать внутри трубопровода, что вызывало его засорение.

Схема расположения постоянных магнитов показана на рисунке 4.

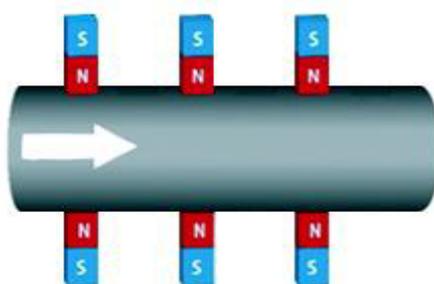


Рисунок 4 - Схема расположения постоянных магнитов установки

Магниты расположены на одинаковом расстоянии друг от друга и закреплены на медной трубке (так как она является парамагнетиком) при помощи изоляционной ленты. При выполнении опытного эксперимента применялись неодимовые магниты в количестве 49 штук: 10 магнитов напряженностью магнитного поля 98 мТл; 20 магнитов с напряженностью 89 мТл; 18 магнитов - 120 мТл; 1 магнит - 396 мТл. Скорость прохождения воды через магнитное поле составила – 1,56 л/мин.

Опытный образец электромагнитной установки представлен на рисунке 5.

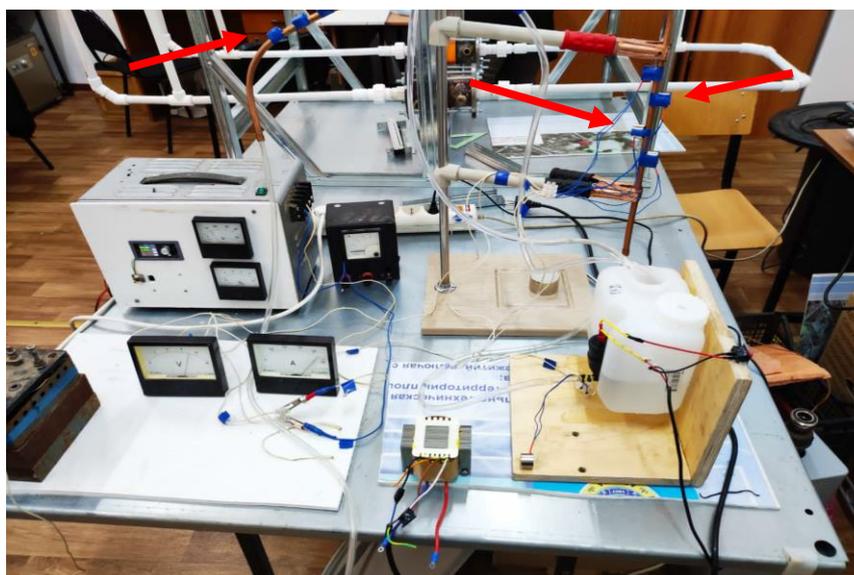


Рисунок 5 – Внешний вид лабораторно-экспериментального образца

## Результаты

Проведенная серия экспериментов показала, что при прохождении воды через поле, созданное постоянными магнитами, происходит изменение ее первоначальных параметров таких как жесткость и pH.

Показатель pH воды подвержен колебаниям, которые происходят из-за изменений растворенного в воде  $\text{CO}_2$  и карбонатной жесткости воды. Так, увеличение количества  $\text{CO}_2$  или снижение жесткости воды делает ее более кислой, а увеличение карбонатной

жесткости или снижение  $\text{CO}_2$ , делает ее более щелочной.

Показатель жесткости и pH напрямую связаны между собой. Чем больше содержание гидрокарбоната в воде, тем выше значение жесткости, и тем выше, а самое главное стабильнее значение pH, так как он является своеобразным буфером. Чем больше жесткость воды, тем выше ее буферный запас, дающий устойчивость pH [11]. Результаты эксперименты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Наименование	Жесткость воды, ppm	pH-фактор	Жесткость воды, ppm	pH -фактор
	Начальные данные		Конечные данные	
Среднее значение	330,666	7,8	344,111	7,86
Среднеквадратичное отклонение	1,699	0,013	3,573	0,023
Дисперсия	2,888	0,0001	12,76	0,0006
Коэффициент вариации	0,514	0,168	1,038	0,288

Данные эксперимента показывают достоверный результат, а низкие показатели вариации говорят о стабильности процесса. Все полученные в ходе эксперимента значения показателей жесткости и рН воды сконцентрированы около одного, что говорит об отсутствии ошибки и об узкой зоне разброса от истинного значения измеряемой величины (рисунок 6).

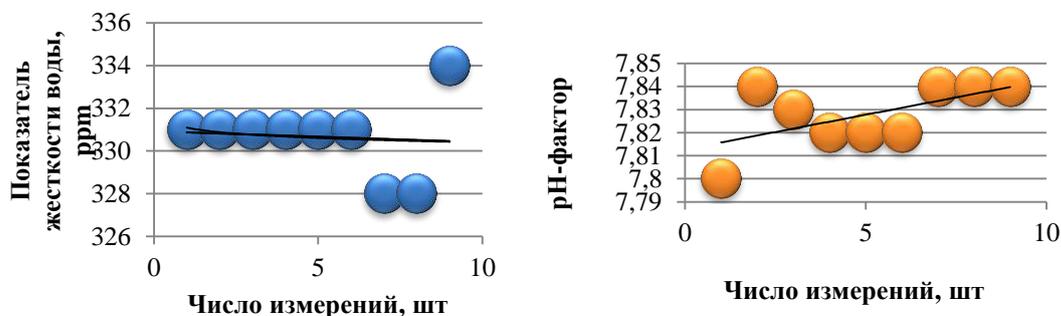


Рисунок 6 – Достоверность полученных результатов при измерении жесткости воды и ее рН фактора

Полученные противоречивые данные о снижении жесткости воды при ее омагничивании, можно объяснить использованием воды, содержащей различные типы и уровни примесей, которые при воздействии на них электромагнитного поля способствовали зародышеобразованию кристаллов солей накипи.

На основании проведенных экспериментов сформулирована гипотеза о необходимости проведения натурных опытов, показывающих возникновение

накипи на водонагревательных элементах при обработке воды постоянными магнитами.

Механизм воздействия магнитного поля на солевой состав воды достаточно сложен, и не изучен в полной мере, плюс неудовлетворительная воспроизводимость лабораторных и промышленных испытаний препятствует активному распространению устройств предотвращающих образования накипи на поверхностях нагревательных элементов.

### Обсуждение

Результат проведенного исследования направлен на решение важной научной проблемы и технологических нужд предприятий, использующих в своем производственном цикле техническую воду. Важность результатов заключается в создании

безреагентной системы очистки воды с минимальными затратами на обработку.

Экономический эффект заключается в том, что стоимость энергии для собственных нужд тепловых электростанций составляет менее 8 тг за 1 кВт час и

соответственно использование электромагнитных устройств для предотвращения образования накипи и очистки поверхностей будет намного рентабельнее, чем использование химических реагентов. Экологические аспекты проекта заключаются в том, что системы водоподготовки тепловых электростанций и котельных существенно сократят использование химических веществ и цикле водоподготовки, тем самым позволит

существенно снизит уровень загрязнения водных ресурсов и почв.

Проведенное исследование направлено на создание отечественной технологии очистки воды и регулирование ее жесткости, в дальнейшем планируется использование микропроцессоров для управления режимами работы, что позволит внедрить цифровые технологии в энергетическую сферу республики Казахстан.

### **Заключение**

Не смотря на то что проблемой омагничивания воды ученые занимаются уже более 100 лет, ее конкретное применение до сих пор остается спорной темой и до сих пор не получило широкого применения в коммерческих целях. Различные эффекты, которые проявляются после воздействия на воду электромагнитного поля, не до конца понятны и изучены не в полной мере.

На данный момент времени нет единого мнения и представления о процессах, происходящих в воде при данном способе обработке. Проведенные авторами исследования и опытные эксперименты по уменьшению накипиобразования дают большой задел в дальнейшем исследовании в этой области. Влияние действия электромагнитного поля на движущийся поток воды вызывает образование кристаллов с определенной ориентацией и агломерацией.

### **Список литературы**

1 Xiantong Yan, Study on Utilization of Carboxyl Group Decorated Carbon Nanotubes and Carbonation Reaction for Improving Strengths and Microstructures of Cement Paste [Текст] / Hongzhi Cui, Qinghua Qin, Waiching Tang, Xiangming Zhou. // [<https://www.mdpi.com/2079-4991/6/8/153/htm>].

2 Appelo, C.A.J.; Postma, D. Geochemistry, groundwater and pollution [Текст] / Geochimica et Cosmochimica Acta, -1994. -Vol.58. Issue 3. -P. 1212. [<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0016703794905851?via%3Dihub>]

3 Sergio Martinez Moya, Noria Boluda Botella. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism [Текст] / -2021. -№13 (17). -P. 2365 [<https://doi.org/10.3390/w13172365>].

4 Danijela Dobersek, Darko Goricanec. An experimentally evaluated magnetic device's efficiency for water-scale reduction on electric heaters [Текст] / Energy, -2014. -Vol. 77. -P. 271-278.

5 Jin, H.; Polarity reversal electrochemical process for water softening [Текст] / Yu, Y.; Zhang, L.; Yan, R.; Chen, X. // Sep. Purif. Technol. – 2019. -№210. -P. 943–949.

6 Jiang, W.; A pilot study of an electromagnetic field for control of reverse osmosis membrane fouling and scaling during brackish groundwater desalination [Текст] / Xu, X.; Lin, L.; Wang, H.; Shaw, R.; Lucero, D.; Xu, P. // Water, -2019. -№11. -P.1015.

7 Zhao, J.-D.; Liu, Z.-A.; Zhao, E.-J. Combined effect of constant high voltage electrostatic field and variable frequency pulsed electromagnetic field on the morphology of calcium carbonate scale in circulating cooling water systems [Текст] / Water Sci. Technol. -2014. -P. 1074–1082.

8 Xuefei, M.; Lan, X.; Jiapeng, C.; Zikang, Y.; Wei, H. Experimental study on calcium carbonate precipitation using electromagnetic field treatment [Текст] / Water Sci. Technol. – 2013. -№67. -P. 2784–2790.

9 Lu Lin, Wenbin Jiang, Xuesong Xu & Pei Xu. A critical review of the application of electromagnetic fields for scaling control in water systems: mechanisms, characterization, and operation [Текст] / Clean Water, -2020. -Vol. 3. -№ 25.

10 A. Andrianov, E. Orlov. The assessment of magnetic water treatment on formation calcium scale on reverse osmosis membranes [Текст] / MATEC Web of Conferences 178, 09001 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817809001> I ManE&E, - 2018.

11 Взаимосвязь pH и карбонатной жесткости воды [Текст] / Интернет источник [<http://www.aqualover.ru/hydrochemistry/ph-kh-mutual-connection>]

## References

1 Xiantong Yan, Study on Utilization of Carboxyl Group Decorated Carbon Nanotubes and Carbonation Reaction for Improving Strengths and Microstructures of Cement Paste [Текст] / Hongzhi Cui, Qinghua Qin, Waiching Tang, Xiangming Zhou. // [<https://www.mdpi.com/2079-4991/6/8/153/htm>].

2 Appelo, C.A.J.; Postma, D. Geochemistry, groundwater and pollution [Текст] / Geochimica et Cosmochimica Acta, -1994. -Vol.58. Issue 3. -P. 1212. [<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0016703794905851?via%3Dihub>]

3 Sergio Martinez Moya, Noria Boluda Botella. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism [Текст] / -2021. -№13 (17). -P. 2365 [<https://doi.org/10.3390/w13172365>].

4 Danijela Dobersek, Darko Goricanec. An experimentally evaluated magnetic device's efficiency for water-scale reduction on electric heaters [Текст] / Energy, - 2014. -Vol. 77. -P. 271-278.

5 Jin, H.; Polarity reversal electrochemical process for water softening [Текст] / Yu, Y.; Zhang, L.; Yan, R.; Chen, X. // Sep. Purif. Technol. – 2019. -№210. -P. 943–949.

6 Jiang, W.; A pilot study of an electromagnetic field for control of reverse osmosis membrane fouling and scaling during brackish groundwater desalination [Текст] / Xu, X.; Lin, L.; Wang, H.; Shaw, R.; Lucero, D.; Xu, P. // Water, -2019. - №11. -P.1015.

7 Zhao, J.-D.; Liu, Z.-A.; Zhao, E.-J. Combined effect of constant high voltage electrostatic field and variable frequency pulsed electromagnetic field on the morphology of calcium carbonate scale in circulating cooling water systems [Текст] / Water Sci. Technol. -2014. -P. 1074–1082.

8 Xuefei, M.; Lan, X.; Jiapeng, C.; Zikang, Y.; Wei, H. Experimental study on calcium carbonate precipitation using electromagnetic field treatment [Текст] / Water Sci. Technol. – 2013. -№67. -P. 2784–2790.

9 Lu Lin, Wenbin Jiang, Xuesong Xu & Pei Xu. A critical review of the application of electromagnetic fields for scaling control in water systems: mechanisms, characterization, and operation [Текст] / Clean Water, -2020. -Vol. 3. -№ 25.

10 A. Andrianov, E. Orlov. The assessment of magnetic water treatment on formation calcium scale on reverse osmosis membranes [Текст] / MATEC Web of Conferences 178, 09001 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817809001> I ManE&E, - 2018.

11 Взаимосвязь pH и карбонатной жесткости воды [Текст] / Интернет источник [<http://www.aqualover.ru/hydrochemistry/ph-kh-mutual-connection>]

## **ТҰРАҚТЫ МАГНИТТЕРМЕН ӘСЕР ЕТКЕННЕН КЕЙІН АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ СУ ҚҰБЫРЫ СУЫНЫҢ ҚАТТЫЛЫҒЫ МЕН PH-ФАКТОРЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ӨЗГЕРТУ НӘТИЖЕЛЕРІ**

*Мехтиев Али Джаваниширович*

*Қауымдастырылған профессор, доцент*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: barton.kz@mail.ru*

*Герасименко Татьяна Сергеевна*

*Техника ғылымдарының кандидаты*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: melary-5@mail.ru*

*Сарсикеев Ермек Жасланұлы*

*PhD*

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті*

*Астана қ., Қазақстан*

*E-mail: sarsikeev.ermek@yandex.ru*

## **Түйін**

Судың қаттылығының жоғарылауы тұрмыстық және өндірістік жылу алмасу құрылғыларындағы ыстық су жүйелеріне теріс әсер ететіні белгілі. Судың кермектігін жою, қақты болдырмау және суды жұмсартуға қатысты басқа да тақырыптарға қызығушылық 2000 жылдарға қарай жоғарылай түсті. Бұл өсу жылу алмасудың тиімді жүйелері үшін кальций карбонатының қақтан түзілуіне жол бермеу және азайту, энергияны тұтынудың қажеттілігінен туындайды.

Бұл мақала Астана қаласының белгілі бір аудандарындағы судың қаттылығы мен рН факторының деңгейін зерттеу мәселелеріне, сондай-ақ оның қаттылығын азайту және сумен жабдықтау жүйелеріндегі және тұрмыстық жылыту аспаптарындағы қақты жою әдістеріне арналған. Магниттік суды өңдеу құрылғысының эксперименттік үлгісінің көмегімен судың сапасын жақсарту және оның рН факторын арттыру нәтижелері алынды.

Бұл мақалада қаттылық тұздарының кристалдануының химиялық процестері егжей-тегжейлі қарастырылып, олардың пайда болу себептері анықталды.

**Кілт сөздер:** қақ; судың кермектігі; суды тазарту жүйелері; электромагниттік тазарту.

## **RESULTS OF CHANGES IN THE PARAMETERS OF HARDNESS AND PH-FACTOR OF TAP WATER IN ASTANA AFTER EXPOSURE TO PERMANENT MAGNETS**

*Mehdiyev Ali Javanshirovich*

*Associate Professor, Associate Professor*

*Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: barton.kz@mail.ru*

*Gerasimenko Tatiana Sergeevna*

*Candidate of Technical Sciences, senior lecturer*

*Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: melary-5@mail.ru*

*Sarsikeev Ermek Zhaslanovich*

*PhD*

*Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin*

*Astana, Kazakhstan*

*E-mail: sarsikeev.ermek@yandex.ru*

## **Abstract**

It is well known that increased water hardness negatively affects hot water supply systems in both domestic and industrial heat exchange devices. Interest in topics such as eliminating water hardness, preventing scale and others related to water

softening has grown, especially in the 2000s. This growth is due to the need to prevent the formation of calcium carbonate scale for more efficient heat exchange systems and reduce energy consumption.

The article is devoted to the study of the level of water hardness and pH factor in certain areas of Astana, as well as ways to reduce its hardness and eliminate scale in water supply systems and household heating appliances. With the help of an experimental sample of a magnetic water treatment device, results were obtained to improve the quality of water and increase its pH factor.

In this article, the chemical processes of crystallization of hardness salts are considered in great detail and the causes of their formation are identified.

**Keywords:** scale; water hardness; water purification systems; electromagnetic purification.