

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/DZCL9808>

**А. Д. Мехтиев^{1,*}, Т. С. Герасименко², Е. Ж. Сарсикеев³,
А. Касипхан⁴, Л. Н. Кириченко⁵**

^{1,2,3,4,5}Казахский Агротехнический исследовательский университет
имени С. Сейфуллина, г. Астана

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2633-3976>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5704-5419>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7209-5024>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2342-8777>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7069-5395>

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

ОЦЕНКА МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАКИПИ

Всегда намного проще предупредить проблему, чем устранять ее последствия поэтому, при водоподготовки используют различные способы уменьшения жесткости воды для исключения образования накипи на внутренних стенках трубопроводом при ее нагреве.

В статье рассмотрены наиболее применяемые химические способы очистки воды от солей накипи, обобщены их достоинства и недостатки. Так же предложен безреагентный способ устранения накипи при помощи постоянных магнитов.

Цель данной работы заключалась в рассмотрении физико-химических механизмов воздействия магнитного поля на воду с растворенными в ней солями жесткости, а также исследование солевого состава воды используемой для нагрева.

В ходе проведенного исследования был получен результат, который наглядно подтверждает гипотезу электрохимических процессов в воде при прохождении ее через магнитное поле: в воде соли существуют в виде ионов, магнитное поле поляризует их, то есть разделяет и деформирует их гидратные оболочки, тем самым способствует процессу кристаллизации солей, то есть происходит образование центров кристаллизации, на которых адсорбируются катионы кальция и магния. В результате этого образуется

мелкокристаллическая форма, которая остается в водном растворе и при его нагревании не осаждается в твердом виде на частях теплообменников, а падает на дно в виде шлама или мелкого песка.

Ключевые слова: карбонатная жесткость, карбонат кальция и магния, магнитная обработка, накипь, реакгентные методы.

Введение

Вода, которую мы получаем из подземных скважин, не является чистой, в ней содержатся различные растворенные минеральные соли, которые придают ей определенный химический состав. Этот состав не является постоянным и может меняться в зависимости от времени года, уровня осадков и даже геологических особенностей местности

В воде содержится растворимые и не растворимые вещества. Например, проходя через известковые породы, она обогащается кальцием (Ca^{2+}), а через доломитовые - магнием (Mg^{2+}). Именно эти два иона, кальций и магний, являются основными причинами формирования жесткости воды. Концентрация растворенных в воде солей кальция и магния напрямую определяют показатель ее жёсткости. Общая жесткость воды формируется как сумма карбонатной и некарбонатной жесткости [1].

Можно разделить жёсткость воды на два типа:

1) Карбонатная жесткость (или временная жесткость) вызвана наличием гидрокарбонатов кальция и магния ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$). Она является непостоянной, так как при нагревании воды гидрокарбонаты разлагаются, образуя карбонаты, которые выпадают в осадок в виде накипи. Именно карбонатная жесткость является причиной образования накипи на чайниках, стиральных машинах и других бытовых приборах.

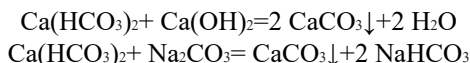
2) Некарбонатная жесткость (или постоянная жесткость) обусловлена наличием хлоридов и сульфатов кальция и магния (CaCl_2 , CaSO_4 , MgCl_2 , MgSO_4). Эта жесткость не устраняется при кипячении, так как соли, вызывающие ее, не разлагаются при нагревании то есть данный вид жесткости не вызывает отложения накипи на нагревательных элементах.

Солевое содержание воды носит не постоянный характер, и изменяется в течение года, например, по результатам проведенного исследования [2] сделали вывод, что содержание солей кальция в большинстве проб воды весной несколько больше, чем в другие времена года. Вероятно, это происходит благодаря быстрому выщелачиванию солей кальция, находящихся в породах и почвах, что способствует большей концентрации кальция в подземных водах и в целом повышению жесткости.

При кипячении воды с карбонатной жесткостью гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются с образованием осадка средних солей:

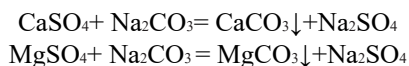


Карбонатную жесткость, в больших масштабах, можно устранить действием известкового молока или соды:



Некарбонатная, или постоянная жесткость обусловлена присутствием в воде других растворимых солей кальция и магния: хлоридов и сульфатов. В отличие от карбонатной жесткости, постоянная жесткость не может быть устранена кипячением.

Ее устраняют действием соды [1]:



Для выявления количественного состава солей, содержащихся в водопроводной воде города Астана, в феврале 2024 было отобрано по 10 проб воды и отправлено в несколько сертифицированных лаборатории городов Алматы и Астаны для исследования, которое проводилось при температуре 23-24 °С и влажности 56-61%. Согласно протоколам испытания был проведен тщательный анализ, который показал в воде наличие следующих наименований солей и химических соединений (рисунок 1).

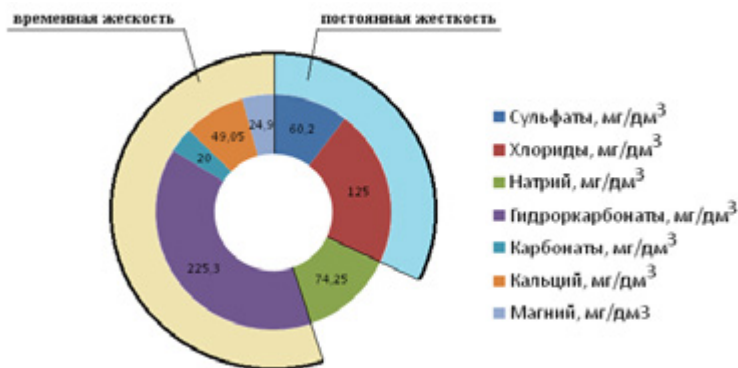


Рисунок 1- Химический анализ воды из городской водопроводной сети, мг/дм³

Как уже отмечалось выше, к солям временной жесткости относятся: кальций, магний и их карбонаты, гидрокарбонаты и как видно из рисунка 1 их доля в составе воды является значительной. При кипячении вода смягчается, так как кальций и магний переходят в нерастворимую форму, которая выпадает в осадок. Гидрокарбонат обладает щелочными свойствами и поддерживает стабильный уровень pH. Натрий это побочный продукт, получаемый во время фильтрования воды от солей жесткости, его концентрация обуславливает минерализацию воды. Образование хлоридов в воде зависит от засоления почв и естественный круговорот осадков, в сочетании с натрием приводит к образованию поваренной соли. Повышенная концентрация хлоридов даёт воде солёный вкус и делает её непригодной хозяйственных нужд и использования в технических целях. В совокупности сульфаты и хлориды ($MgSO_4$; $MgCl_2$; $CaSO_4$; $CaCl_2$;) образуют постоянную жесткость, которая не убирается кипячением и, следовательно, не дает осадок.

В быту и на производстве слишком солёная вода агрессивно воздействует на металлические поверхности, заметно увеличивая интенсивность их коррозии. От такой воды на поверхности нагревательных элементов со временем образуется накипь. Это снижает их теплопроводность, увеличивает расход энергии и приводит к необратимым поломкам оборудования [3].

В процессе создания цикла водоснабжения одна из важнейших задач заключается в предотвращении отложения солей жесткости на внутренних стенках трубопроводов. В основном для снижения жёсткости воды в промышленных процессах используют реагентные методы основанные на использовании различных химических веществ, образующих малорастворимые соединения, которые затем отделяются в фильтрах, осветителях и очистителях.

Очень часто в качестве реагентов используются известь с кальцинированной содой, гидроксиды натрия и бария, другие вещества. Известь вводят в подогретую воду в виде суспензии или раствора, для удаления образовавшихся коллоидных примесей из обрабатываемой воды, а также с целью снижения ее щелочности применяют коагуляцию этих примесей сульфатом Fe^{2+} [4].

При обработки воды известковым молоком и железосодержащими коагулянтами, смесь, состоящую из силикат щелочного металла, этилового спирта и хлористого калия добавляют в воду, после чего она отстаивается и выделившийся осадок в виде геля отделяют центрифугой [5].

При добавлении в воду едкого натра ($NaOH$) начинается интенсивное образование малорастворимых соединений карбоната кальция и гидроксида магния, которые в дальнейшем могут быть эффективно удалены из воды при помощи существующих технологических сооружений. Интенсификация

процессов осаждения нерастворимых соединений, как правило, проводится с применением коагулянтов на основе солей железа [6].

При очистке воды от солей накипи электролизом в воду также добавляют различные реагенты содержащие, например: хлорид натрия; нитрит аммония; углекислый газ и т.д.; и помещают в бак, где с помощью электродов через нее пропускают электрический ток. В результате реакций обмена в камерах электролизера карбонатные, бикарбонатные, хлоридные и другие соли переводятся в нитриты, которые под действием электрического тока образуют коллоидную систему с солями жесткости, выделяя их в осадок [7].

Так же для устранения отложений накипи применяют различные ингибиторы, однако они не снижают количество солей кальция и магния в воде, а лишь создает условия, препятствующие укрупнению их агрегатов. В результате такой обработки, воду из цикла приходится выводить и заменять на свежую с меньшим содержанием солей жесткости [4].

Перечисленные выше способы несомненно дают очень высокую эффективность (80-90 %), но их осуществление связано с определенными затратами и трудностями. Например: использование дефицитных соединений; громоздкое очистное сооружение; необходимость дополнительного подогрева воды из-за неполноты выпадения солей; необходимость подкисления или подщелачивания воды и как следствие увеличение объемов дополнительных реагентов; высокий расход химических реагентов и невозможность утилизации образующихся влажных осадков; значительная часть себестоимости воды приходится именно на обработку (утилизацию) отходов водоочистки. При проведении процесса электролиза воду так же нужно отстаивать и фильтровать, что способствует сложности аппаратного оформления и увеличению, как капитальных затрат на установку, так и эксплуатационных затрат на приобретение дополнительных реагентов. Так же существует необходимость в защите самих анодов и катодов от накипи.

Изучив химические способы очистки воды от солей жесткости можно сделать следующие заключение: для осуществления водоподготовки химическим методом необходимо затрачивать дополнительные силы на проведение предварительного анализа поступающей воды, точный расчет пропорций необходимых реагентов, решать проблемы с утилизацией использованной воды и так далее. Так же при подготовке реагентов необходимо их перемешивание с помощью аэрации, осуществлять отстаивание и фильтрование, что приводит к увеличению времени и трудозатрат.

Материалы и методы

Магнитная обработка воды - это эффективный и экологичный метод, применяемый для предотвращения образования накипи в различных системах, где вода играет ключевую роль.

Например для тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения: накипь в трубах теплосетей и водопроводов приводит к снижению теплоотдачи, увеличению затрат на отопление и горячее водоснабжение, а также к преждевременному износу системы [8].

Преимущества магнитной обработки воды вполне очевидны:

1) Простота. Установка магнитных устройств не требует сложных процедур и может быть выполнена на уже существующих системах без остановки работы.

2) Дешевизна. Стоимость оборудования для магнитной обработки воды значительно ниже, чем стоимость химических методов борьбы с накипью.

3) Безопасность. Магнитные поля не оказывают негативного влияния на здоровье человека и окружающую среду.

4) Отсутствие эксплуатационных расходов. После установки магнитного устройства не требуется никаких дополнительных затрат на обслуживание и расходные материалы.

Суть магнитной обработки заключается в воздействии на структуру молекул воды магнитными полями, создаваемые специальными устройствами, меняя её физико-химические свойства [9].

Для изучения физико-химических процессов происходящих в водном растворе при его магнитной обработке, была разработана и сконструирована установка для магнитной обработки воды с помощью постоянных магнитов (рисунок 2). Она состоит из 8 модулей, на которых с помощью изоляционной ленты закреплены постоянные высокоэнергетические магниты, изготовленные из сплава неодим-железо-бор (Nd-Fe-B) с разным количеством и степенью напряженности магнитного поля, для выявления наиболее оптимального результата. Общее количество магнитов в установке составило 71 штук, напряженность магнитного поля варьировалась в пределах от 90 до 400 мкТл, в зависимости от диаметра магнита. Вода через магнитные модули прогонялась с помощью насоса со скоростью 3 литра в минуту, заливалась в чистую тару и отправлялась на экспертизу совместно с образцами воды, которые не подвергались воздействию магнитного поля.

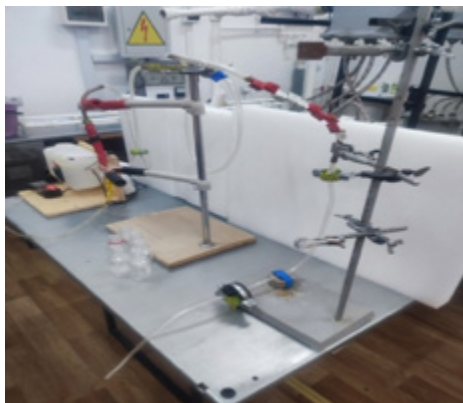


Рисунок 2 – Установка для магнитного преобразования воды (фото)

Результаты и обсуждение

Вода является сложной молекулярной системой, где молекулы, подобно крошечным магнитам, взаимодействуют друг с другом, создавая определенные структуры. Каждая молекула воды (H_2O) обладает электрическим дипольным моментом - она как миниатюрный магнит с положительным (H^+) и отрицательным (OH^-) полюсами. Эти диполи, притягиваются друг к другу, формируя кластеры- небольшие группы молекул, которые вращаются и движутся как единое целое.

Кластеры притягивают к себе ионы, растворенные в воде, например, кальций (Ca^{2+}) и карбонат (CO_3^{2-}). Эти ионы прилипают к кластерам, образуя вокруг себя своеобразную броню из молекул воды. Именно эта броня и мешает ионам кальция и карбоната соединиться, образуя нерастворимый карбонат кальция ($CaCO_3$), который и составляет основу накипи [10].

Тепло это своего рода энергия раздора, и при нагревании воды кластерные структуры разрушаются. Ионы кальция и карбоната, лишенные защиты кластеров, свободно взаимодействуют между собой, образуя карбонат кальция ($CaCO_3$). Эти твердые частицы оседают на стенках труб и нагревательных элементах, формируя слой накипи, который не только снижает эффективность теплопередачи, но и может привести к поломке оборудования.

Теперь посмотрим, что же происходит, когда вода проходит через магнитное поле. В магнитном преобразователе воды магниты расположены таким образом, чтобы их поля создавали некие «волны» на коротком расстоянии. Когда вода проходит через эту «магнитную волну», молекулы воды под действием силы Лоренца начинают колебаться, что также приводит

к разрушению кластерных структур. Броня вокруг ионов слабеет, ионы как бы становятся более доступными для взаимодействия. При этом разрушенные кластеры не просто избавляются от ионов, они становятся центрами кристаллизации (рисунок 3).

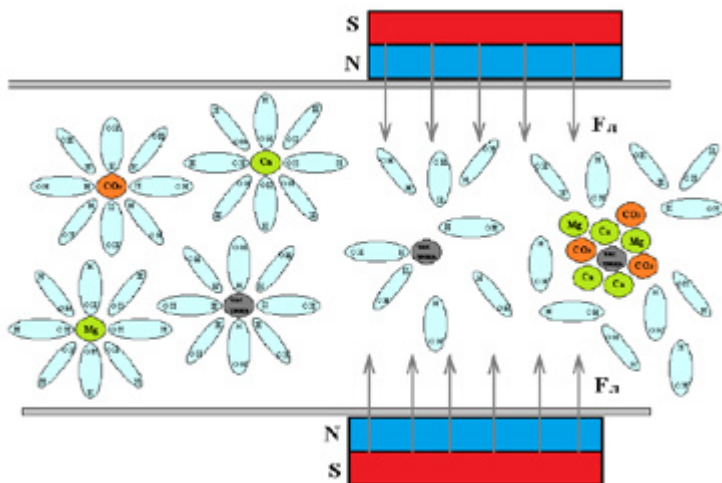


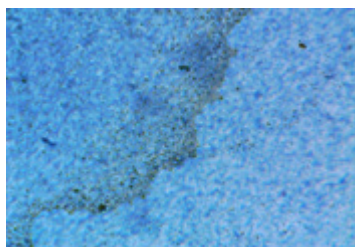
Рисунок 3 – Процесс воздействия магнитного поля на молекулу воды

Когда ионы кальция и карбоната встречают разрушенный кластер, они словно прилипают к нему, формируя крошечные кристаллы карбоната кальция - арагониты. Эти кристаллы, называемые центрами кристаллизации, становятся ядрами, вокруг которых растут новые кристаллы. В итоге, вместо того чтобы оседать на стенках труб, карбонат кальция застревает в толще воды, запакованный в крошечные кристаллы арагонита. Магнитно-активированная вода при нагревании уже не образует отложений накипи. Действие магнитов заключается в том, что они как бы перенаправляют процесс кристаллизации, превращая накипь в взвесь мелких кристаллов, которые легко удаляются из системы.

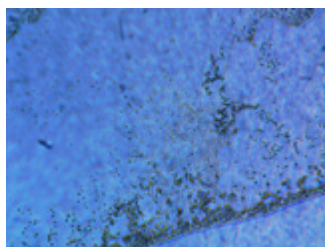
Важно отметить, что механизм магнитной обработки воды не является идеальным и имеет свои ограничения. Эффективность магнитного воздействия зависит от многих факторов: концентрации содержащихся солей в воде, температуры и скорости течения воды, а так же от типа расположения магнитов. Несмотря на это, магнитная обработка воды является перспективной технологией для предотвращения образования накипи

в системах отопления, горячего водоснабжения и других технических устройствах.

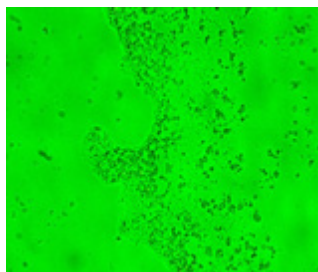
Для подтверждения описанной гипотезы электрохимических процессов при помощи тринокулярного микроскопа Биомед-6 в комплектации с цифровой USB-камерой ТС-5 были сделаны снимки образцов воды обработанной и необработанной магнитным полем. Для приготовления препарата в центр чистого предметного стекла с помощью пипетки помещались две капли образцов исследуемой воды. Далее образцы были высушены в термостате при комнатной температуре, без каких-либо внешних и термических влияний, для осуществления достоверности результата. По итогу были зафиксированы изменения, произошедшие в воде до и после воздействия магнитного поля (рисунок 4). В ходе проведенного анализа можно сказать, что при магнитной обработке наблюдаются изменения в структуре воды: соли жесткости под действием магнитного поля объединяются в коллоидные системы, которые отчетливо видны при многократном увеличении (рисунок 4г).



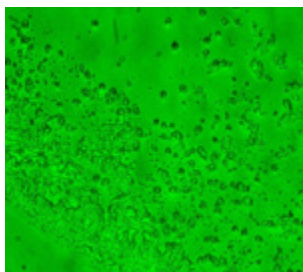
а



б



в



г

Рисунок 4 – Фото образцов воды до магнитной обработки и после нее увеличенные при помощи микроскопа: (а – необработанная вода и б – обработанная вода при 10 кратном увеличении; в – необработанная вода и г– обработанная вода, при 40 кратном увеличении).

Информация о финансировании

Исследования профинансированы за счет средств гранта АР19679359 «Разработка системы магнитной обработки технической воды для снижения образования накипи на поверхности нагрева теплоэнергетического оборудования».

Выводы

При магнитной обработке с помощью постоянных магнитов, происходит перераспределение накипи, и значительная ее часть уносится с потоком воды, так как образование кристаллов накипи происходит не на стенках теплообменных элементов, а в самом теле теплоносителя (воды). Магнитное поле формирует центры кристаллизации солей жёсткости, которые попадая на поверхности нагрева не вызывают образование твердых отложений.

Эффективность данного способа заключается в следующих позициях: отказ от использования химии в водоподготовке, снижение эксплуатационных затрат, в том числе снижение расходов на складирование и предпринимаемые меры безопасности с химическими реагентами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Канатникова, Н. В., Захарченко, Г. Л. Анализ качества питьевой воды Орловской области по содержанию солей жесткости// Экология урбанизированных территорий. – 2009. – №2. – С.16–20.

2 Немцева, К.С. Исследование влияния сезонности на содержание основных солей жесткости в воде минеральной «Принцесса Ольденбургская»// Сборник научных статей Всероссийской молодежной научной конференции. В 4-х томах. – 2020. – Том 3. – С. 19–22.

3 Влияние хлоридов на свойства воды. [Электронный ресурс]. – URL : <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/hloridy/> (Дата обращения 26.09.2024).

4 Юрченко, В. В., Свиридов, А. В., Никифоров, А. Ф., Свиридов, В.В. Умягчение воды адсорбцией солей жесткости высокодисперсными модифицированными алюмосиликатами//Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. –2016. №3(99). – С. 16–21.

5 Абдуллаев, М. Б., Алиев, В. С., Альтман, Н. Б., Гутерман, А. Д., Исмаилов, Т. К., Рустамов, М. И., Сулейманов, А. Б. Способ очистки сточных вод содержащих соли жесткости, нефтепродукты и ионы металлов.// Патент на изобретение C02 C5/02. Заявка № 2373867/29-26 от 23.06.1976.

6 Федотов, Р. В., Чепкасова, Н. И., Щукин, С. А., Лапина, И. А., Кузнецов, М. С. Исследование возможности применения оксихлорида

алюминия в технологии едконатрового умягчения воды// Фундаментальные исследования. –2017. – №9–2. – С. 367–372.

7 **Шинкевич, О. П., Шинкевич, Е. О., Демидова, Ю. М.** Способ умягчения природной воды// Патент на изобретение RU 2441847 C1, 10.02.2012. Заявка № 2010125734/05 от 23.06.2010.

8 **A. D. Mekhtiyev, YE. Zh. Sarsikayev, A. V. Atyaksheva, A. D. Atyaksheva, T. S. Gerassimenko, A. D. Alkina.** Method of preventing deposits on the inner surface of circulating water pipelines of ferroalloy electric furnace cooling systems. *Metalurgija* 60 (2021) 3-4, 321–324.

9 **Busch, K. W., Busch, M. A., Parker, D. H., Darling, R. E., McAtee, J. L.** Laboratory studies involving magnetic water treatment devices. [Text] // *Physics and Materials Chemistry*. – 2013, – Vol. 1 – No. 2, – P. 34 – 40.

10 **Томилин, А. К., Беспалов, В. И., Беспалов, В. В.** Технология магнитной обработки воды против солеотложения: теория и практика// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2001. –Т. 332. – №1. – С. 54–63.

REFERENCES

1 **Kanatnikova, N. V., Zakharchenko, G. L.** Analiz kachestva pit'evoy vody Orlovskoi oblasti po sodержaniyu solei zhestkosti. [Analysis of the quality of drinking water in the Orel region by the content of hardness salts]// *Ecology of urbanized territories*. - 2009. – No 2. – P. 16–20.

2 **Nemtseva, K. S.** Issledovanie vliianiia sezonnosti na sodержanie osnovnykh solei zhestkosti v vode mineral'noi «Printsessa Ol'denburgskaia». [Investigation of the influence of seasonality on the content of basic hardness salts in mineral water «Princess of Oldenburg»]// Collection of scientific articles of the All-Russian Youth Scientific Conference. In 4 volumes. – 2020. – Vol. 3. – P. 19–22.

3 **Vlianie khloridov na svoystva vody.** [The effect of chlorides on water properties]. [Electronic resource]. – URL: <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/hloridy/>

4 **Iurchenko, V. V., Sviridov, A. V., Nikiforov, A. F., Sviridov, V. V.** Umiagchenie vody adsorbtsiei solei zhestkosti vysokodispersnymi modifitsirovannymi aliumosilikatami. [Softening of water by adsorption of hardness salts with highly dispersed modified aluminosilicates]// *Water treatment. Water treatment. Water supply*. – 2016. - No 3(99). – P. 16–21.

5 **Abdullaev, M. B., Aliev, V. S., Al'tman, N. B., Guterman, A. D., Ismailov, T. K., Rustamov, M. I., Suleimanov, A. B.** Sposob ochistki stochnykh vod sodержashchikh soli zhestkosti, nefteprodukty i iony metallov. [A method for

treating wastewater containing hardness salts, petroleum products and metal ions]// A patent for an invention S02 S5/02. Zaiavka No 2373867/29-26 ot 23.06.1976.

6 Fedotov, R. V., Chepkasova, N. I., SHCHukin, S. A., Lapina, I. A., Kuznetsov, M. S. Issledovanie vozmozhnosti primeneniia oksikhlorida aliuminiia v tekhnologii edkonatrovogo umiagcheniia vody. [Investigation of the possibility of using aluminum oxychloride in the technology of water softening]// Basic research. – 2017. – No 9-2. – P. 367–372.

7 Shinkevich, O.P., SHinkevich, E.O., Demidova, IU.M. Sposob umiagcheniia prirodnoi vody. [Natural water softening method]// A patent for an invention RU 2441847 C1, 10.02.2012. Application No 2010125734/05 ot 23.06.2010.

8 Mekhtiyev, A.D. Sarsikayev, YE.ZH. Atyaksheva, A.V. Atyaksheva, A. D. Gerassimenko, T. S. Alkina, A. D. Sposob predotvrashheniya otlozhenij na vnutrennej poverxnosti cirkulyacionny`x vodoprovodov sistem oxlazhdeniya e`lektropechi.` [Method of preventing deposits on the inner surface of circulating water pipelines of fer-roalloy electric furnace cooling systems]// METALURGIJA 60(2021) 3-4, P. 321–324. (<https://hrcak.srce.hr/256098>).

9 Busch, K. W., Busch, M. A., Parker, D. H., Darling, R. E., Mc Atee, J. L. Laboratorny`e issledovaniya s ispol`zovaniem ustrojstv magnitno jochistki vody`. [Laboratory studies involving magnetic water treatment devices]// Physics and Materials Chemistry. 2013, Vol. 1 No. 2, P. 34–40.

10 Tomilin, A. K., Bepalov, V. I., Bepalov, V. V. Tekhnologiiia magnitnoi obrabotki vody protiv soleotlozheniia: teoriia i praktika. [Technology of magnetic water treatment against salt deposition: theory and practice]// Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering. – 2001. – Vol. 332. -No 1. – P. 54–63.

Поступило в редакцию 27.09.24

Поступило с исправлениями 15.10.24

Принято в печать 04.12.24

А. Д. Мехтиеv¹, *Т. С. Герасименко², Е. Ж. Сарсикееv³, А. Касипхан⁴,
Л. Н. Кириченко⁵

^{1,2,3,4,5}Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. С. Сейфуллина,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

27.09.24 ж. баспаға түсті.

15.10.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ҚАҚТЫ АЗАЙТУ ҮШІН МАГНИТТІК ӨНДЕУ НӘТИЖЕСІНДЕ СУДЫҢ МИНЕРАЛДАНУЫН БАҒАЛАУ

Оның салдарын жоюдан гөрі мәселені алдын-алу әрдайым оңайырақ, сондықтан суды дайындау кезінде құбыр қызған кезде ішкі қабырғаларда қақтың пайда болуын болдырмау үшін судың қаттылығын төмендетудің әртүрлі тәсілдерін қолданыңыз.

Мақалада қақ тұздарынан суды тазартудың ең көп қолданылатын химиялық әдістері қарастырылады, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері жинақталған. Сондай-ақ, тұрақты магниттердің көмегімен қақты жоюдың реагентсіз әдісі ұсынылған.

Бұл жұмыстың мақсаты магнит өрісінің суда еріген қаттылық тұздары бар суға әсер етуінің физика-химиялық механизмдерін қарастыру, сондай-ақ қыздыру үшін пайдаланылатын судың тұз құрамын зерттеу болды.

Зерттеу барысында магнит өрісі арқылы өткен кезде судағы электрохимиялық процестердің гипотезасын нақты растайтын нәтиже алынды: суда тұздар иондар түрінде болады, магнит өрісі оларды поляризациялайды, яғни олардың гидрат қабықтарын бөліп, деформациялайды, осылайша тұздардың кристалдану процесіне ықпал етеді, яғни кристалдану орталықтарының пайда болуы, олардың магнит өрісі арқылы пайда болады. кальций мен магний катиондары адсорбцияланады. Нәтижесінде ұсақ кристалды форма пайда болады, ол сулы ерітіндіде қалады және оны қыздырған кезде жылу алмастырғыштардың бөліктерінде қатты тұнбаға түспейді, бірақ түбіне илам немесе ұсақ құм түрінде түседі.

Кілтті сөздер: карбонатты қаттылық, кальций және магний карбонаты, магниттік өңдеу, масштабтау, реагенттік әдістер.

A. D. Mehdiyev¹, *T. S. Gerasimenko², E. J. Sarsikeev³, A. Kasiphan⁴,
L. N. Kirichenko⁵

^{1,2,3,4,5}Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin,
Astana

Received 27.09.24

Received in revised form 15.10.24

Accepted for publication 04.12.24

ASSESSMENT OF WATER MINERALIZATION AS A RESULT OF ITS MAGNETIC TREATMENT TO REDUCE SCALE

It is always much easier to prevent a problem than to eliminate its consequences, therefore, during water treatment, various methods are used to reduce the hardness of water to eliminate the formation of scale on the inner walls of the pipeline when it is heated.

The article discusses the most widely used chemical methods of water purification from scale salts, summarizes their advantages and disadvantages. A non-reactive method of scale removal using permanent magnets is also proposed.

The purpose of this work was to consider the physico-chemical mechanisms of the effect of a magnetic field on water with hardness salts dissolved in it, as well as to study the salt composition of the water used for heating.

In the course of the study, a result was obtained that clearly confirms the hypothesis of electrochemical processes in water when it passes through a magnetic field: salts exist in water in the form of ions, the magnetic field polarizes them, that is, separates and deforms their hydrate shells, thereby contributing to the process of salt crystallization, that is, the formation of crystallization centers occurs, on which adsorb calcium and magnesium cations. As a result, a fine crystalline form is formed, which remains in an aqueous solution and, when heated, does not precipitate in solid form on parts of the heat exchangers, but falls to the bottom in the form of sludge or fine sand.

Keywords: carbonate hardness, calcium and magnesium carbonate, magnetic treatment, scale, reagent methods.

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz