

**Жанакова Бибигуль Мергенбаевна\*<sup>1</sup>,**

магистрант по специальности инженерные системы и сети, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Республика Казахстан, 01000, г.Астана, ул. Кажымукана 13, [bibigul\\_2006@mail.ru](mailto:bibigul_2006@mail.ru), ORCID ID: 0009-0007-8379-3411

**Мухтаров Абилхас Капизович<sup>1</sup>,**

кандидат химических наук, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Республика Казахстан, 010000, г.Астана, ул Кажымукана 13, [Abilkhas@mail.ru](mailto:Abilkhas@mail.ru), ORCID ID: 0000-0001-9020-2551

## **ТРЕБОВАНИЕ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены теоретические аспекты использования механической очистки воды для обеспечения качественной воды как для промышленных, так и для бытовых нужд.

В современном мире стремительно развиваются инновационные подходы к практическому применению магнитной обработки воды. Данный метод используется для удаления различных отложений (соль угольной кислоты, хлористых солей и сульфатов катионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ ) в трубопроводных системах и различного вида отопительных нагреваемых оборудовании.

Причинами образования отложений на поверхностях отопительного оборудования, насосов скважинных станций и трубопроводов является наличие в воде минеральных солей магния и кальция. Это является проблемой для теплоэнергетики, промышленного и гражданского секторов. Образовавшаяся накипь толщиной слоя лишь в 1 мм приводит к увеличению расхода топлива, для нагрева теплоносителя на 5-10% и, как следствие, перегружает систему горячего водоснабжения.

Метод магнитной обработки воды является экологически чистым, экономически эффективным и безопасным способом предотвращения образования накипи и улучшения качества воды в целом. При воздействии на воду магнитного поля изменяется структура солей, что способствует уменьшению образования твердых частиц.

Исследования показывают, что магнитное поле изменяет морфологию и прилипание различных типов отложений, таких как карбонат кальция, превращая кальцит в арагонит.

При прохождении потока через магнитное поле меняется структура солей жесткости. Эти соли соединяются в кристаллическую форму, в арагониты. При нагревании кристаллы арагонита не оседают в виде накипи. Изменившаяся структура солей постепенно разрушает ранее накопившуюся на нагревательных элементах накипь.

Интенсивность удаления накипи зависит от количества образовавшихся арагонитов и скорости потока воды.

**Ключевые слова:** магнитная очистка, теплоэнергетика, трубопровод, арагонит, накипеобразования, насос.

**Введение.** Для обеспечения комфортных условий проживания и работы качество и долговечность санитарно-технических устройств и инженерных оборудовании играют важную роль.

Качественное водоснабжение имеет особое значение в зданиях производственного и гражданского назначения.

Особое требование предъявляется и к системе горячего водоснабжения.

Горячее водоснабжение – это система, которая предназначена для обеспечения потребностей в горячей воде.

При увеличении температуры воды выше  $+40^{\circ}\text{C}$  происходит выпадение углекислых солей кальция и магния, что приводит к отложениям на стенках трубы. Отложение накипи, зарастание или засоры в трубопроводах и оборудовании усиливают коррозию и старение металла.

На первый взгляд идентифицировать коррозию сложно и требует значительных временных затрат. Однако существуют несколько шагов для контроля над коррозией [2], одна из которых - предотвращение возможных причин появления коррозии.

Во избежание образования отложений в трубах и оборудовании, а также для защиты их от внутренней коррозии следует предусматривать меры по обработке холодной воды для системы горячего водоснабжения.

Качество и пригодность воды оцениваются по степени соблюдения установленного условия, где содержание примесей в воде не должно превышать установленных норм для допустимых концентраций.

Требование к качеству питьевой воды оцениваются и по индексу насыщения.

Если индекс насыщения превышает 0,2, то вода должна подвергаться предварительной обработке для уменьшения накипеобразования.

Существует множество методов борьбы с отложениями и коррозией, один из таких методов - механический. Этот метод основан на использовании магнитного поля.

Магнитная обработка воды – один из простых методов. Данный метод смягчает свойства воды и предотвращает образование твердых отложений.

**Материалы и методы исследований.** Исследование магнитной обработки воды направлено на изучение влияния магнитных полей на физико-химические свойства воды и ее характеристики.

Вода с наличием ферромагнетиков в насыщенном состоянии пройдя через зону магнитного поля может способствовать образованию зародышей центров кристаллизации. Образованные кристаллические структуры на поверхностях оборудования и трубопроводов могут служить для адсорбции различных ионов и молекул раствора.

Магнитные поля влияют и на скорость химических реакций, что улучшает электрокоагуляцию с последующим осаждением и кристаллизацией отложений солей ионизированного кальция, цитрата магния, закисного двухвалентного железа и окисного трехвалентного железа.

Существует три основные группы гипотез, которые пытаются объяснить воздействие магнитного поля на воду: коллоидные, ионные и водные [4].

При коллоидной гипотезе в жидкой среде происходит образование и распад комплексов катионов металлов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ), которые в дальнейшем формируют центры зарождения ионов хлорида натрия и к ускорение ее осаждения.

Присутствие ионов с положительным зарядом  $\text{Fe}^{3+}$  и ферромагнитных частиц железа, способствует образованию гидрофобных растворов с положительно заряженным ионом  $\text{Fe}^{3+}$ , отрицательно заряженным ионом хлора  $\text{Cl}^{-}$  и нейтральными молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ .  $3\text{ZCl}^{-}$  приводит к образованию центров зародышей, поверхность которых

адсорбирует положительно заряженные ионы кальция  $\text{Ca}^{2+}$  и магния  $\text{Mg}^{2+}$  (основа карбонатной жесткости воды), образовавшись в мелкокристаллические осадки. Поэтому, при стабильной гидратной оболочке иона, сложнее на комплексах адсорбента, которые образуются на поверхности между жидкой и твердой фазами.

При движении молекулы воды в магнитном поле, перпендикулярном линиям поля, возникают вращающие моменты и силы Лоренца, которые могут поворачивать молекулу в горизонтальной и вертикальной плоскостях, рисунок 1.

Движение молекул воды перпендикулярно линиям магнитного поля ограничено из-за повышенной вероятности столкновений и деполяризации полярных частиц, что приводит к спиралеобразному вращению в кольцевом пространстве магнитного аппарата [5].

Оболочка гидратированных катионов металлов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ) подвержена поляризации, что влияет на их поведение и взаимодействие с окружающими частицами.

Оболочка гидратированных катионов металлов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ) подвержена поляризации, что влияет на их поведение и взаимодействие с окружающими частицами.

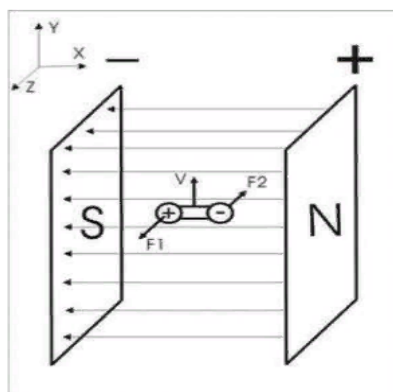


Рисунок 1 - Физическое поведение молекул воды в магнитном поле

Поскольку движущаяся вода является проводящей, экспериментально было доказано, что магнитные поля оказывают гораздо более слабое воздействие на воду без движения. Поэтому такой метод обработки движущейся воды часто называют магнитогидродинамической обработкой (МГДО).

При использовании методов МГДО наблюдается повышение pH и концентрации ионов.

Сила Лоренца возникает при движении заряженной частицы в магнитном поле. Эта сила перпендикулярна как направлению движения заряда, так и направлению магнитного поля. Рисунок 2. Величина силы Лоренца на заряд  $q$  при скорости  $u$  в магнитном поле  $B$  может быть выражена следующим образом:

$$\vec{F}_A = q \times [\vec{u} \times \vec{B}]$$

Здесь  $u$ - вектор скорости частицы,  $B$ -вектор магнитной индукции, а  $\times$  обозначает векторное произведение. Сила Лоренца, действующая на заряженные частицы в электромагнитном поле, может заставить их двигаться по круговой траектории, перпендикулярной линиям магнитной индукции.

Путем правильного управления направлением и силой магнитного поля можно направлять движение заряженных частиц ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ), в определенном

направлении внутри потока воды. Таким образом, можно контролировать распределение ионов в воде, что может быть полезно при обработке воды.

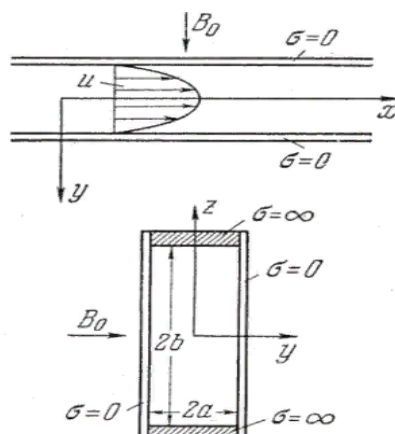


Рисунок 2 - Диаграмма течения воды в МГДО-ячейке:  $\sigma$  - электропроводность стенки ячейки;  $B_0$  - амплитудное значение вектора индукции магнитного поля.

Согласно расчетам, чтобы создать процесс кристаллизации солей жесткости в определенном объеме воды, проходящий через трубу, важно управлять направлением магнитной индукции  $B_0$  вокруг стенок трубы в рабочих воздушных зазорах магнитного устройства. Для этого создается зоны с нулевой индукцией в центре рабочего воздушного зазора. И магниты необходимо размещать так, чтобы их магнитные поля были направлены друг на друга, как показано на рисунке 3. В зоне взаимодействия с нулевым значением магнитной индукции под воздействием силы Лоренца возникает противоположенный поток анионов и катионов. Это приводит к появлению концентрации взаимодействующих ионов, к их осаждению и образованию центров зарождения кристаллов.

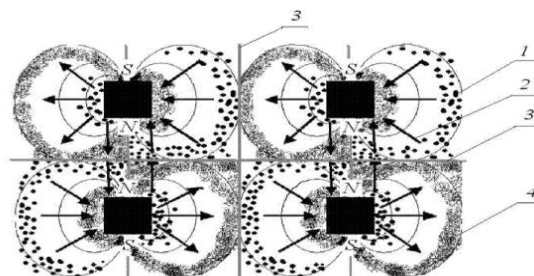


Рисунок 3 - Схема расположения магнитов, линий индукции, векторов силы Лоренца и пиктограмм в МО. 1 - анионы, 2 - направление наведенных токов, 3 - зоны с нулевой индукцией, 4 – катионы.

Примером влияния готовых поверхностей на кристаллизацию может служить тот факт, что центр кристаллизации обычно образуются на нагревательных или охлаждающих поверхностях теплового агрегата. Это объясняется тем, что энергия, затрачиваемая на образование кристаллов вблизи твердой стенки, гораздо меньше энергии, необходимой для высвобождения воды в объеме. Электрические взаимодействия и свойства поверхности также влияют на зарождение и кристаллизацию.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование показало, что воздействие магнитного поля на твердые фазы карбоната кальция изменяет размер и количество кристаллов, но не природу фазы [6].

Магнитное поле влияет только на размер кристаллов, изменяя их геометрию. При увеличении интенсивности магнитного поля размер твердой фазы уменьшается, а количество частиц увеличивается, как показано на рисунках 4 и 4.1.

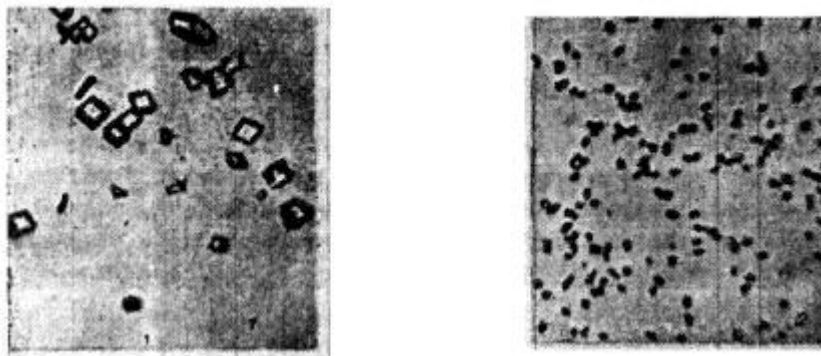


Рисунок 4 – Влияние магнитного поля на модификацию карбоната кальция-кальцит в водном растворе: до обработки и после обработки.

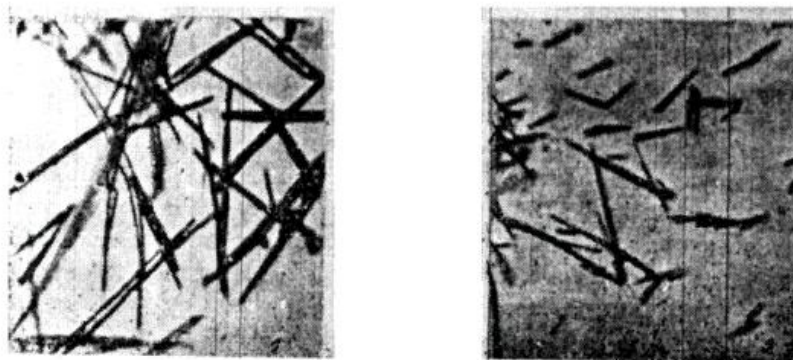


Рисунок 4.1 - Влияние магнитного поля на модификацию карбоната кальция-араконит: до обработки магнитным полем и после обработки магнитным полем.

В процессе эксплуатации нагревательных приборов, с использованием магнитного поля происходит самоочистка, которая возникает из-за того, что ранее образовавшаяся накипь становятся более хрупкой и отпадает в виде корок.

Кроме того, при нагреве воды, пересекающей силовые линии магнитного поля, на поверхности теплообмена накипь не образуется [7].

Магнитные водоочистители могут использоваться как самостоятельно, так и в составе любых установок, где в процессе эксплуатации образуется накипь.

Наилучшие результаты очистки воды достигаются при карбонатной жесткости до 4 мг-экв/л, общей жесткости до 6 мг-экв/л и общем количестве минералов до 500 мг/л. В магнитных очистителях содержания ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  в обрабатываемой воде должно быть не менее 0,3 мг/л; общее содержание сульфатов и хлоридов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  должно составлять не более 50 мг/л; карбонатная жесткость ( $Ca(HCO_3)_2$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ ), - не более 9 мэкв/л; содержание растворенного кислорода в воде - менее 3 мг/л; скорость потока воды в аппарате - 1-3 м/с; температура воды в аппарате должна быть не выше 95°C;

**Выводы.** Несмотря на значительные исследования в области воздействия магнитных полей на физические и химические процессы в воде, существует некоторая неопределенность в отношении точного механизма воздействия, однако во всех случаях железо является ключевым промежуточным веществом [8].

Было замечено, что магнитное поле снижает скорость роста кристаллов кальцита, и процент их подавления был выше для магнитного поля более высокой интенсивности

[9]. Вода, прошедшая через магнитное поле, изменяет поведение и характер жидкости, предотвращая образование отложений и накипи [10], вместо накипи образуется взвесь (шлам).

Таким образом, экономическая выгода от широкомасштабного контроля за качеством воды превосходит текущие показатели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Tawfik A. S. Nanomaterial and Polymer Membranes [Text] / A. S. Tawfik. – Amsterdam; Netherlands, 2016. – p. 284.
- 2 Dan Ellison Investigation of Pipe Cleaning Methods [Text] / Dan Ellison // American Water Works Association. – USA, 2003. – p. 92.
- 3 Кедров, В. С., Ловцов, Е.Н. Санитарно-техническое оборудование [Текст] / В. С. Кедров. – Москва, 1989. – 250 с.
- 4 Mosin O. V., Ignatov И. Basis Concepts of Magnetic Water Treatment [Text] / O. V Mosin // European Journal of Molecular Biotechnology. – 2014. – 4(2):72-85. <https://doi:10.13187/ejmb.2014.4.72>
- 5 Терехов, Л. Д. Методы очистки воды [Текст] : учебное пособие / Л. Д. Терехов. – М.: Инфра-Инженерия, 2023. – 320 с.
- 6 Антонов, С. Н. Аппараты магнитной обработки. Проектирование, моделирование [Текст] / С. Н. Антонов. – Ставрополь, 2014. – 220 с.
- 7 Самбурский Г. Технологические и организационные аспекты процессов получения воды питьевого качества [Текст] / Г. Самбурский. – Москва, 2018.
- 8 Dzhozef L. K. Magnetic water treatment [Text] / L. K. Dzhozef. – Baltimore; US, 1989. – p. 867.
- 9 Puneet V. Olusegun D. Advancement in Materials, Manufacturing and Energy Engineering [Text]. – 2021. Vol. 1. – P. 611. <http://doi:10.1007/978-981-16-5371-1?sap-outbound->
- 10 Halkomb R. Magnetic water treatment [Text]: US Patent 4888113 US., заявитель Halkomb R., от 19.02.1989. – P. 65.
- 11 Коновалов Д.Н. Электрохимический мембранный аппарат плоскокамерного типа с охлаждением разделяемого расвора, применяемый для очистки стоков в производствах агропромышленного комплекса [Текст] / Д.Н. Коновалов [и др.] // Вестник ЗКІТУ. - Уральск: Научный журнал. Спецвыпуск № S1 (1) 2023. [sbornik-vestnik-2023-s1-1.pdf](https://doi.org/10.13187/ejmb.2023.s1-1.pdf)

## REFERENCES

- 1 Tawfik A. S. Nanomaterial and Polymer Membranes. Amsterdam; Netherlands, (2016): – 284 p.
- 2 Dan Ellison Investigation of Pipe Cleaning Methods American Water Works Association. – USA, (2003): - 92 p.
- 3 Kedrov, V. S., Lovsov, E.N. “Sanitarno-tehnicheskoe oborudovanie [Sanitary and technical equipment].” Moscow, (1989): - 250 s. - (In Rus)
- 4 Mosin O. V., Ignatov И. Basis Concepts of Magnetic Water Treatment O. V Mosin // European Journal of Molecular Biotechnology. – (2014): - 4(2):72-85. <https://doi:10.13187/ejmb.2014.4.72>
- 5 Terehov, L. D. “Metody ochistki vody [Methods of water cleaning],” : uchebnoe posobie / L. D. Terehov. – M.: Infra-Injeneria, (2023): - 320 s. - (In Rus)

- 6 Antonov, S. N. “Apparaty magnitnoi obrabotki. Proektirovanie, modelirovanie [Water treatment devices. Design and modeling].” Stavropol, (2014): - 220 s. - (In Rus)
- 7 Samburskii G. “Tehnologicheskie i organizatsionnye aspekty protsessov polucheniya vody pitevogo kachestva [Technological and organizational aspects of drinking water production processes].” M, (2018): - (In Rus)
- 8 Dzhozef L. K. Magnetic water treatment. Baltimore; US, (1989): – 867 p.
- 9 Puneet V. Olusegun D. Advancement in Materials, Manufacturing and Energy Engineering – (2021): - Vol. 1. – 611 p. <http://doi:10.1007/978-981-16-5371-1?sap-outbound->
- 10 Halkomb R. Magnetic water treatment US Patent 4888113 US., заявитель Halkomb R., от (19.02.1989). – 65 p.
- 11 Konovalov D.N. “Elektrohimicheski membranniy aparat ploskokamernogo tipa s ohlajdeniem razdeläemogo rasvora, primenäemyi dlä ochistki stokov v proizvodstvahagropromышlennogo kompleksa [Electrochemical membrane apparatus of a flat-chamber type with cooling of a separable gap, used for wastewater treatment in the production of the agro-industrial complex].” // Vestnik ZKІTU. - Urälsk: Nauchnyi jurnal. Spesvypusk № S1 (1) 2023. [sbornik-vestnik-2023-s1-1.pdf](#): - (In Rus)

## ЫСТЫҚ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУ ҮШІН СУДЫҢ САПАСЫНА ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР

*Аңдатпа.* Бұл мақалада өнеркәсіптік және тұрмыстық қажеттіліктер үшін сапалы суды қамтамасыз ету үшін суды механикалық тазартуды қолданудың теориялық аспектілері қарастырылған.

Қазіргі әлемде суды магниттік өңдеуді практикалық қолданудың инновациялық тәсілдері қарқынды дамып келеді. Бұл әдіс құбыр жүйелеріндегі әртүрлі шөгінділерді (көмір қышқылының тұзы,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  және  $Fe^{3+}$  катиондарының хлорид тұздары мен сульфаттары) және жылыту қондырғыларының әртүрлі түрлерін жою үшін қолданылады.

Жылыту жабдықтарының, ұңғыма станциялары мен құбырлардың сорғыларының беттерінде шөгінділердің пайда болу себептері суда магний мен кальций минералды тұздарының болуы болып табылады. Бұл жылу энергетикасы, өнеркәсіптік және азаматтық секторлар үшін проблема болып табылады. Қабаттың қалыңдығы тек 1 мм болатын қақ отын қорының өсуіне әкеледі, салқындатқышты 5-10% қыздыру үшін және нәтижесінде ыстық сумен жабдықтау жүйесін жүктейді.

Суды магниттік өңдеу әдісі-масштабтың пайда болуын болдырмаудың және жалпы судың сапасын жақсартудың экологиялық таза, үнемді және қауіпсіз әдісі. Магнит өрісі суға әсер еткенде тұздардың құрылымы өзгереді, бұл бөлшектердің түзілуін азайтуға көмектеседі.

Зерттеулер көрсеткендей, магнит өрісі кальцитті арагонитке айналдыратын кальций карбонаты сияқты әртүрлі шөгінділердің морфологиясы мен жабысуын өзгертеді.

Магнит өрісі арқылы ағынның өтуі кезінде қаттылық тұздарының құрылымы өзгереді. Бұл тұздар кристалды пішінге, арагониттерге қосылады. Қызған кезде арагонит кристалдары қақ түрінде орналаспайды. Тұздардың өзгерген құрылымы қыздыру элементтерінде бұрын жиналған масштабты біртіндеп бұзады.

Қақтан тазарту қарқындылығы түзілген арагониттердің санына және су ағынының жылдамдығына байланысты.

---

**Кілт сөздер:** магниттік тазарту, Жылу энергетикасы, құбыр, арагонит, масштабтау, сорғы.

## WATER QUALITY REQUIREMENT FOR HOT WATER SUPPLY.

**Abstract.** This article discusses the theoretical aspects of using mechanical water purification to provide high-quality water for both industrial and domestic needs.

Innovative approaches to the practical application of magnetic water treatment are rapidly developing in the modern world. This method is used to remove various deposits (carbonic acid salt, chloride salts and sulfates of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  cations) in pipeline systems and various types of heating heated equipment.

The reasons for the formation of deposits on the surfaces of heating equipment, pumps of borehole stations and pipelines is the presence of mineral salts of magnesium and calcium in the water. This is a problem for the thermal power industry, industrial and civil sectors. The resulting scale with a layer thickness of only 1 mm leads to an increase in fuel reserves for heating the coolant by 5-10% and, as a result, loads the hot water supply system.

The magnetic water treatment method is an environmentally friendly, cost-effective and safe way to prevent scale formation and improve water quality in general. When exposed to water by a magnetic field, the structure of salts changes, which helps to reduce the formation of solid particles.

Research shows that the magnetic field alters the morphology and adhesion of various types of deposits, such as calcium carbonate, converting calcite into aragonite.

When the flow passes through a magnetic field, the structure of the hardness salts changes. These salts combine into a crystalline form, into aragonites. When heated, aragonite crystals do not settle in the form of scale. The changed structure of the salts gradually destroys the scale that had previously accumulated on the heating elements.

The intensity of descaling depends on the amount of aragonite formed and the water flow rate.

**Key words:** magnetic cleaning, thermal power engineering, pipeline, aragonite, scale formation, pump.