



С. А. МИНКИНА
Л. Л. НЕГОДА
Т. С. КУРМАЕВА

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF SOFTENING METHODS OF WATER
FROM NATURAL SOURCES

Приведены результаты химического анализа природных вод из поверхностных (река, водопровод) и подземных (скважина, колодец) источников. Отбор воды на анализ проводился в ряде городов и поселков Самарской и Пензенской областей. Анализ был выполнен по следующим показателям: общая жесткость, водородный показатель, катионы кальция, магния, железа, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, перманганатная окисляемость. Выявлен наиболее часто встречаемый химический показатель качества воды, превышающий ПДК. Показано негативное влияние жесткой воды на работу котельных агрегатов и бытовых нужд. Описаны различные способы умягчения воды. Изложены результаты определения жесткости воды до умягчения и после фильтрации через слой катионита и анионита. На основе полученных показателей даны рекомендации по выбору способов умягчения для различных типов котлов.

Ключевые слова: поверхностные и подземные воды, общая жесткость воды, химические показатели качества воды, ионообменный метод, диализ, реagentный метод, катиониты, аниониты, паровые котлы, водогрейные котлы

Природные воды представляют собой сложные системы, в которых присутствуют различные химические элементы в определенных концентрациях. Они могут быть как природного, так и антропогенного происхождения. Именно от наличия и количества тех или иных соединений зависят физические и химические свойства воды, а значит, и ее качество. При этом наибольшую нагрузку на фи-

The results of chemical analysis of natural waters from surface (river, water supply) and underground (well, well) sources are given. Water selection for analysis was carried out in a number of cities and villages of the Samara and Penza regions. The analysis was performed on the following indicators: total stiffness, hydrogen index, calcium, magnesium, iron cations, chlorides, sulfates, hydrocarbonates, permanganate oxidability. The most common chemical indicator of water quality exceeding MPC was identified. The negative impact of rigid water on the operation of boiler units and household needs is shown. Various methods of water softening are illuminated. The results of determination of water hardness before softening and after filtration through a layer of cationite and anionite are presented. Based on the obtained indicators, recommendations are given on the selection of softening methods for various types of boilers.

Keywords: surface and underground waters, total water hardness, chemical indicators of water quality, ion-exchange method, dialysis, reagent method, cationites, anionites, steam boilers, hot water boilers

зико-химический состав воды дают вещества, привнесенные человеком напрямую или косвенно [1–3].

Нами были проанализированы 23 водных источника Самарской и Пензенской областей. При этом 8 из источников прошли анализ на содержание ионов кальция, магния, железа, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, общую жесткость и перманганатную окисляемость

(П.О.). Вода из остальных источников проанализирована на наличие катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , солей жесткости ($\text{Ж}_{\text{общ}}$) и pH среды.

Результаты исследования представлены в табл. 1 и 2.

По данным табл. 1 изученные показатели воды в источнике № 4 находятся в пределах нормы, за исключением перманганатной окисляемости (норма предельно допустимой концентрации составляет не более 5,0 мг/л).

Перманганатная окисляемость (П.О.) определяется количеством миллиграммов кислорода, которое нужно для окисления примеси в виде органики, находящейся в 1 л воды. Высокие показатели говорят о чрезмерном загрязнении водного объекта органическими примесями, что губительно действует на флору и фауну [1,4–7].

Установлено, что концентрация железа в исследуемых водах находится в пределах нормы, что исключает риск развития гемохроматоза. Тем не менее в источнике № 5 (см. табл. 1) количество ионов Fe^{3+} близко к предельно допустимой концентрации, значение которой должно быть не более 0,3 мг/л.

Количество ионов Cl^- и SO_4^{2-} в исследуемых источниках (см. табл. 1) соответствует нормативным требованиям (предельно допустимые концентрации хлоридов должны быть не более 350 мг/л, сульфатов – не более 500 мг/л).

Особый интерес представляют результаты по жесткости исследуемых проб.

Жесткость воды – это совокупность свойств, которые характеризуются количеством в ней в основном катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

В источниках № 1–3, 7 (см. табл. 1) отмечена кальциевая жесткость, иными словами, количество катионов Ca^{2+} намного больше, чем количество катионов Mg^{2+} .

Для объектов № 4, 5, 8 (см. табл. 1) наоборот – характерна магниевая жесткость, т. е. количество катионов Mg^{2+} намного больше, чем количество катионов Ca^{2+} .

Во всех объектах, указанных в табл. 1, общая жесткость больше предельно допустимой концентрации (7 мл-экв/л), за исключением пробы из источника № 4 (см. табл. 1). В г. Новокуйбышевске (источник № 2) показатели жесткости значительно превосходят ПДК (в три раза) [8].

В табл. 2 приведены сведения по общей жесткости, водородному показателю, содержанию в воде катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Общая жесткость воды в исследованных источниках находится в пределах 3,1 – 22,6 °Ж.

Превышение ПДК по жесткости в несколько раз увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и органов пищеварения. При передозировке ионов кальция в воде мо-

жет возникнуть спазм сердца, астма, атеросклероз, повышенное артериальное давление, катаракта, мочекаменная болезнь, полиартриты. Кроме того, такая вода горьковата по вкусовым ощущениям. В воде с повышенной жесткостью тяжело приготовить пищу, так как ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} с белковыми продуктами дают нерастворимые вещества. В такой воде плохо завариваются кофе и чай. Стирка белья в воде с повышенной жесткостью приводит к ухудшению его потребительских свойств – ткань становится хрупкой и ломкой. Жесткая вода требует большего расхода моющих средств – мыла, гелей, шампуней, порошка и пр., что приводит к увеличению затрат, а главное – к увеличению и загрязнению воды входящими в состав моющих средств веществами.

Соли, обуславливающие жесткость воды, накапливаются на стенках чайников, посудомоечных, стиральных машин и других бытовых приборах, что уменьшает как их работоспособность, так и срок их службы. То же самое случается при использовании промышленных нагревательных приборов. При эксплуатации водогрейных и паровых котлов на их стенки с внутренней стороны из воды с повышенной жесткостью осаждаются соли кальция и магния, снижающие их теплопроводность. Это увеличивает затраты топливных средств, загрязняет атмосферу вредными веществами, уменьшает работу самих агрегатов. Осадки из солей кальция и магния могут полностью перекрыть внутреннее пространство трубопровода, привести к местному перегреванию, ускорить коррозионные процессы стенок агрегатов и привести к сбоям в работе и авариям.

Кроме того, соли кальция и магния отрицательно воздействуют на бетонные конструкции (магнезиальная коррозия бетона, сульфатная коррозия бетона) и конструкции из стали. Если сооружение стальное, то на металлических поверхностях под действием «жестких» солей проходят такие электрохимические реакции, которые ускоряют коррозию и вызывают разрушение конструкций [3, 9–12].

Таким образом, по результатам выполненных анализов можно рекомендовать использование природной воды из всех исследуемых природных источников, но после ее умягчения.

Для умягчения воды используют следующие методы: диализ, термический, реагентный, ионообменный, комбинированный. В зависимости от качества воды, которую необходимо умягчить, выбирают тот или иной указанный способ.

Например, воду из объектов № 1, 2, 3, 7 (см. табл. 1) следует непродолжительное время прокипятить, что устраним ионы Ca^{2+} , а воду из

Таблица 1

**Результаты расширенного анализа
природных вод Самарской области**

№ п/п	Источник	Ж _{общ.} , мг-экв/л	Ca ²⁺ , мг-экв/л	Mg ²⁺ , мг-экв/л	Fe ³⁺ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	П.О.
1	Самарская обл., Челновершинский р-н, пос. Соловецкий (колодец)	16,0	11,98	4,03	0,012	149	30	610	4,6
2	Самарская обл., г.о. Новокуйбышевск (кран в доме)	21,0	15,7	5,3	-	184	25	210	5,7
3	Самарская обл., Безенчукский р-н, с. Васильевка (колодец)	15,8	10,9	4,9	0,01	150	120	320	4,5
4	Самарская обл., Красноярский р-н, с. Старая Бинаратка (родник)	5,0	1,9	3,1	0,024	78	10	329	7,4
5	Самарская обл., г.о. Новокуйбышевск (озеро)	15,0	8,58	6,42	0,24	191	44	244	6,0
6	Самарская обл., Нефтегорский р-н, с. Семеновка	-	-	-	0,052	71	42	-	14,1
7	Самарская обл., г.о. Самара, пос. Мехзавод (артезианский источник)	18,5	12,0	6,5	-	-	-	-	22,37
8	Самарская обл., Сергиевский р-н, с. Елховка	8,2	4,2	4,0	-	140	70	-	48,7

Таблица 2

**Результаты анализа природных вод на жесткость,
ионы кальция и магния и pH среды**

№ п/п	Источник	pH	Ж _{общ.} , мг-экв/л	Ca ²⁺ , мг-экв/л	Mg ²⁺ , мг-экв/л
1	Самарская обл., г. Самара, Красноглинский р-н, пос. Управленческий (кран в доме)	6,21	15,0	5,7	9,3
2	Самарская обл., Красноярский р-н, с. Малая Царевщина (скважина 22 м)	6,19	5,0	2,8	2,2
3	Самарская обл., с. Камышла (скважина 27 м)	5,25	5,5	2,0	3,5
4	Самарская обл., Шенталинский р-н, с. Семеново-Шарла (кран в доме)	6,1	12,4	5,3	7,1
5	Самарская обл., Волжский р-н, с. Белозерки (скважина 8 м)	5,6	16,9	10,5	6,4
6	Пензенская обл., Сосновоборский р-н («Максимкин родник»)	3,6	3,1	0,9	2,2
7	Пензенская обл., пос. Березкино (водопроводная вода)	5,22	6,0	1,5	4,5
8	Самарская обл., пос. Журавли (колодец 5 м)	6,04	11,5	5,5	6,0
9	Самарская обл., г.о. Самара, Красноглинский р-н, 19-й км	5,05	8,6	6,8	1,8
10	Самарская обл., Волжский р-н, пос. Березки (колодец 15 м)	5,66	22,6	12,0	10,6
11	Самарская обл., пос. Новосемейкино (скважина 100 м)	5,52	11,6	6,0	5,6
12	Самарская обл., г. Самара, Куйбышевский р-н, Сухая Самарка	5,02	15,6	11,9	3,7
13	Самарская обл., Кошкинский р-н (родник «Белый ключ»)	5,47	6,9	2,8	4,1
14	Самарская обл., Кинельский р-н, с. Чубовка (родник)	6,0	8,1	3,1	5,0

объектов № 4, 5, 8 (см. табл. 1) необходимо под-
вернуть более длительному кипячению (около
пяти минут), для удаления ионов Mg^{2+} [2, 3, 11].

Нормальная эксплуатация водогрейных
котлов протекает при остаточной жесткости
воды, равной 0,1 мг-экв/л. Для паровых котлов
этот показатель составляет 0,02 мг-экв/л.

Из перечисленных методов ионообмен-
ный, комбинированный и диализ позволяют
выполнить глубокое умягчение воды, получить
остаточную жесткость 0,01 мг-экв/л и ниже.

Диализ применяется при общей жесткости
(J_0) меньше или равной 10 мг-экв/л и мутности
исходной воды до 2,0 мг/л. Этот метод обеспе-
чивает глубокое умягчение, но его применение
ограничено требованиями по общей жесткости
и мутности воды, а также он является дорого-
стоящим (на стадии установки и эксплуата-
ции). При диализе исходная вода фильтруется
через полупроницаемые мембраны.

В ионообменном методе применяется
Na-катионирование одноступенчатое или двух-
ступенчатое, H-катионирование, H-Na-катиони-
рование (последовательное, параллельное). Ио-
нообменный метод используется при $J_0 \leq 15,0$
мг-экв/л, мутности исходной воды до 8 мг/л.

Реагентный метод очистки воды обеспечи-
вает остаточную жесткость воды до 0,7 мг-эк-
в/л, применяется при $J_0 = 5-30$ мг-экв/л и бо-
лее и мутности воды до 500 мг/л. Может быть
использован как I ступень умягчения воды из
артезианских скважин, так как не обеспечивает
необходимую глубину умягчения по остаточ-
ной жесткости.

Для умягчения воды с высокой общей
жесткостью, карбонатной жесткостью (J_k), вы-
соким содержанием взвешенных веществ ис-
пользуется комбинированный метод.

При эксплуатации отечественных водот-
рубных паровых котлов выбор схемы умягче-
ния зависит от сухого остатка исходной воды
и карбонатной жесткости, водогрейных кот-
лов – от общей жесткости и сухого остатка ис-
ходной воды [4, 6, 13–15].

Для отечественных и импортных жаро-
трубных паровых котлов выбор схемы умягче-
ния зависит от величины водородного показате-
ля (pH) и общей жесткости воды, водогрейных
котлов – карбонатной жесткости и водородного
показателя.

Результаты химического анализа воды на
общую и карбонатную жесткость до умягче-
ния и после него по обследуемым источникам
представлены в табл. 3.

Анализ полученных результатов после
умягчения воды с высокой общей жестко-
стью ($J_0 > 30$ мг-экв/л) позволяет сделать
вывод, что использование в данном случае
только ионообменного способа является
недостаточным, так как не обеспечивает не-
обходимую остаточную жесткость воды для
работы паровых и водогрейных котлов. Из
табл. 1 видно, что использование в качестве
фильтрующей загрузки катионита КJ-2-8
является более эффективным по сравнению
с анионитом АН-31.

По результатам оценки эффективно-
сти рассмотренных способов умягчения воды

Таблица 3

Показатели качества воды

№ п/п	Место отбора	До умягчения воды				После умягчения воды	
		J_0 , мг-эк- в/л	J_k , мг-эк- в/л	Сухой оста- ток, мг/л	pH	Остаточная жесткость, мг-экв/л	
						Анионит, АН-31	Катионит, КJ-2-8
1	Яблоневоый овраг (скважина)	35,0	1,67	-	-	1,8	0,90
2	Г. Новокуйбышевск	30,73	4,07	-	-	2,40	0,60
3	Г. Казань	20,3	5,23	-	-	-	-
4	Г. Самара (Кошелев)	41,0	-	-	-	1,6	0,80
5	Г. Чапаевск	18,6	4,7	1505	7,28	-	-
6	Красный Яр (скважина)	14,3	9,6	1032	7,31	-	-
7	Пос. Алексеевка	19,0	10,2	1457	7,32	-	-

(см. табл. 3) и их обратной интерполяции могут быть сформулированы следующие рекомендации применительно к водоподготовке для котлов и тепловых сетей:

– при общей жесткости воды менее 10 мг-экв/л рекомендуется ее умягчение ионообменным способом (одноступенчатым для водогрейных котлов и тепловых сетей и двухступенчатым для паровых котлов);

– при общей жесткости воды от 10 до 20 мг-экв/л рекомендуется применение ионообменного метода (H-Na-катионирование) или комбинированного метода;

– при общей жесткости воды более 20 мг-экв/л рекомендуется применение комбинированного метода.

Комбинированный метод умягчения должен включать: на I ступени – реагентную очистку, на II ступени – доумягчение ионообменным методом или диализом [3, 8, 11, 16, 17].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров В.В. Экологическая химия. СПб.: Лань, 2009. 192 с.
2. Коровин Н.В. Общая химия. М.: Высшая школа, 2000. 558 с.
3. Негода Л.Л., Жукова А.А., Клименков О.М. Определение качества питьевых, природных и сточных вод. Самара: СГАСУ, 2009. 60 с.
4. Васильев А.В., Антропов Г.В., Баженов А.И. Повышение надежности жаротрубных водогрейных котлов // Промышленная энергетика. 1998. № 7. С. 28-32.
5. Кичигин В.И., Быкова П.Г. Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов // Водоснабжение и санитарная техника. 2002. № 11. С.28-32.
6. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. М.: Изд-во АСВ, 2004. 496 с.
7. Стась М.Ф. Справочник по общей и неорганической химии. Томск: ТПУ, 2011. 84 с.
8. Негода Л.Л., Курмаева Т.С. Обзор результатов анализа воды природных источников самарской области // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы Международной научно-технической конференции. Самара: СГАСУ, 2016. С. 148-151.
9. Глинка Н.Л. Общая химия. М.: КноРус, 2010. 752 с.
10. Минкина С.А., Негода Л.Л., Курмаева Т.С. Влияние основных показателей качества воды на способ умягчения // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность: материалы Международной научно-технической конференции. Самара: СамГТУ, 2018.
11. Негода Л.Л., Коржев И.Р. Определение жесткости природных вод и методы их умягчения. Самара: СГАСУ, 2014. 34 с.

12. Стрелков А.К., Егорова Ю.А., Быкова П.Г. Выбор наиболее эффективных реагентов при очистке воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 8. С. 5-9.

13. Минкина С.А. Водоподготовка котельных установок. Расчёт и проектирование оборудования. Самара: СГАСУ, 2010. 164 с.

14. Минкина С.А. Тепловые схемы котельных. Расчет и проектирование оборудования. Самара: СамГТУ, 2017. 134 с.

15. Минкина С.А., Негода Л.Л. Выбор способов умягчения воды для работы котельных и тепловых сетей города Самары и Самарской области // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей. Самара: АСИ СамГТУ, 2017. С. 333-336.

16. Негода Л.Л., Курмаева Т.С. Химическая характеристика природной воды самарской губернии из различных источников // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Материалы Международной научно-технической конференции. Самара: АСИ. СамГТУ, 2017.

17. Обработка осадков сточных вод нефтяного комплекса / К.Л. Чертес, Д.В. Зеленцов, Н.А. Сафонова, В.Н. Пыстин, А.С. Малиновский, М.В. Бикунова // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 2. С. 159–166.

REFERENCES

1. Vasil'ev A.V., Antropov G.V., Bazhenov A.I. Improving the Reliability of Heat Tube Hot Water Boilers. *Promyshlennaya energetika* [Industrial energy], 1998, no. 7, pp. 28–32. (in Russian)
2. Glinka N.L. *Obshchaya khimiya* [General chemistry]. Moscow, KnoRus, 2010. 752 p.
3. Egorov V.V. *Ekologicheskaya khimiya* [Environmental chemistry]. St. Petersburg Lan, 2009. 192 p.
4. Zhurba M.G. *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy* [Water supply. Design of systems and structures]. Moscow, ASV, 2004. 496 p.
5. Kichigin V.I., Bykova P.G. Study of physical and chemical characteristics of surface runoff of settlements. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitation], 2002, no. 11, pp. 28–32. (in Russian)
6. Korovin N.V. *Obshchaya khimiya* [General chemistry]. Moscow, Vysshaya shkola, 2000. 558 p.
7. Minkina S.A. *Vodopodgotovka kotel'nykh ustanovok. Raschet i proektirovanie oborudovaniya* [Water treatment of boiler plants. Equipment Calculation and Design]. Samara, SGASU, 2010. 164 p.
8. Minkina S.A. *Teplovye skhemy kotel'nykh. Raschet i proektirovanie oborudovaniya* [Thermal diagrams of boiler houses. Equipment Calculation and Design]. Samara, SSTU. 134 p.
9. Minkina S.A., Negoda L.L. Selection of water softening methods for operation of boiler houses and heating networks of Samara city and Samara region. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: sbornik statey* [Traditions and innovations in construction and architecture. Building technologies: a

collection of articles]. Samara, SSTU, 2017, pp. 333–336. (in Russian).

10. Minkina S.A., Negoda L.L., Kurmaeva T.S. Influence of basic water quality indicators on softening method. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Estestvennye nauki i tekhnosferная bezopasnost'.* Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Traditions and innovations in construction and architecture. Natural sciences and technospheric safety. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference]. Samara, SSTU, 2018. (in Russian).

11. Negoda L.L., Zhukova A.A., Klimenkov O.M. *Opreделение kachestva pit'evykh, prirodnnykh i stochnnykh vod* [Determination of drinking, natural and wastewater quality]. Samara, SGASU, 2009. 60 p.

12. Negoda L.L., Korzhev I.R. *Opreделение zhestkosti prirodnnykh vod i metody ikh umyagcheniya* [Determination of hardness of natural waters and methods of their softening]. Samara, SGASU, 2014. 34 p.

13. Negoda L.L., Kurmaeva T.S. Overview of the results of the analysis of the water of natural sources of the Samara region. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Traditions and innovations in construction and architecture. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference]. Samara, SGASU, 2016, pp. 148–151. (in Russian).

14. Negoda L.L., Kurmaeva T.S. Chemical characteristic of the natural water of the Samara province from various sources. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Traditions and innovations in construction and architecture. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference]. Samara, SSTU, 2017. (in Russian).

15. Stas' M.F. *Spravochnik po obshchey i neorganicheskoy khimii* [General and Inorganic Chemistry Handbook]. Tomsk, TPU, 2011. 84 p.

16. Strelkov A.K., Egorova Yu.A., Bykova P.G. Selection of the most effective water treatment reagents. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitation], 2014, no. 8, pp. 5–9. (in Russian)

17. Chertes K.L., Zelentsov D.V., Safonova N.A., Pystin V.N., Malinovskiy A.S., Bikunova M.V. Treatment of sewage sludge of oil complex. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo* [Regional architecture and construction], 2012, no. 2, pp. 159–166. (in Russian)

Об авторах:

МИНКИНА Светлана Абрамовна

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: minkina.svetlana2011@yandex.ru

MINKINA Svetlana A.

Senior Lecturer of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: minkina.svetlana2011@yandex.ru

НЕГОДА Лариса Леонидовна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общей неорганической химии Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: negll@yandex.ru

NEGODA Larisa L.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the General Inorganic Chemistry Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: negll@yandex.ru

КУРМАЕВА Татьяна Сергеевна

кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры общей неорганической химии Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: tatianasb@yandex.ru

KURMAYEVA Tatyana S.

PhD in Pedagogy, Associate Professor of the General Inorganic Chemistry Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: tatianasb@yandex.ru

Для цитирования: Минкина С.А., Негода Л.Л., Курмаева Т.С. Анализ эффективности методов умягчения воды из природных источников // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 44–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.07.

For citation: Minkina S.A., Negoda L.L., Kurmayeva T.S. Effectiveness Analysis of Softening Methods of Water from Natural Sources. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 44–49. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.07.