

УДК 543.3

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ КЕМЕРОВСКОГО РАЙОНА

А.С. Ляшенко, студентка гр. ТХТ-231 (КузГТУ),

В.Э. Суровая, к.х.н., преподаватель (КузГТУ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
г. Кемерово

**Аннотация:** В работе приведены результаты исследований жесткости водопроводной воды Кемеровского района титриметрическим методом. Установлено, что общая жесткость водопроводной воды (г. Березовский) составила 9 мэкв/л, данный показатель характеризует воду как жесткая; общая жесткость водопроводной воды (г. Кемерово) составила 3,4 мэкв/л, это мягкая вода. Анализируемая вода (п. Ясногорский (фильтрованная)) составила 8 мэкв/л, что является жесткой. Общая жесткость водопроводной воды (п. Ясногорский (без фильтров)) составили 13,4 мэкв/л, что абсолютно не соответствует СанПиНу, превышая его практически в два раза. Результаты анализируемой воды (Бутилированная вода «Святой источник») составили 5,2 мэкв/л, что находится в пределах нормы – вода средней жесткости. Для сравнения бутилированная вода «Байкал», общая жесткость составила 2,4 мэкв/л, что соответствует мягкой воде.

**Ключевые слова:** жесткость воды, виды жесткости питьевой воды, титриметрический метод.

**Abstract:** The paper presents the results of studies of the hardness of tap water in the Kemerovo region by the titrimetric method. It was found that the total hardness of tap water (Berezovsky) was 9 meq/l, this indicator characterizes the water as hard; the total hardness of tap water (Kemerovo) was 3,4 meq/l, it is soft water. Analyzed water (Yasnogorsky settlement (filtered)) it was 8 meq/l, which is tough. The total hardness of tap water (Yasnogorsky settlement (without filters)) they amounted to 13,4 meq/l, which absolutely does not correspond to the SanPiN, exceeding it almost twice. The results of the analyzed water (Bottled water "Holy Spring") amounted to 5,2 meq/l, which is within the normal range – medium hardness water. For comparison, bottled water "Baikal", the total hardness was 2,4 meq/l, which corresponds to soft water.

**Keywords:** water hardness, types of hardness of drinking water, titrimetric method.

Питьевая вода является одним из наиболее важных элементов необходимых для поддержания здоровья человека. Она должна быть не только чистой и безопасной, но и обладать определенными характеристиками, такими как жесткость, щелочность, кислотность и другие.

Понятие жесткости воды связывают с катионами кальция и магния, но в действительности все двухвалентные катиона в большей или меньшей степени влияют на жесткость. Они взаимодействуют с анионами, в результате чего образуются соединения, способные выпасть в осадок. Одновалентные катиона таким свойством не обладают.

Жесткость воды – это совокупность физических и химических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворенных солей щелочноземельных металлов, в основном кальция и магния. Незначительный вклад в жесткость воды вносят такие металлы как двухвалентный стронций, железо, марганец, барий, алюминий и трехвалентное железо. Жесткость воды является одной из качественных характеристик питьевой воды [1-2].

Карбонатная (временная) жесткость. Данный вид жесткости обусловлен наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при  $pH > 8,3$ ) кальция и магния. При кипячении воды данный вид жесткости устраняется практически полностью, так как при нагреве воды гидрокарбонаты распадаются и выпадают в осадок, который можно наблюдать в виде накипи.

Некарбонатная (постоянная) жесткость. Данный вид жесткости обусловлен наличием кальциевых и магниевых солей сильных кислот, например серной, азотной или соляной. Такая жесткость воды в отличие от некарбонатной при кипячении не устраняется.

Общая жесткость. Данный вид жесткости представляет собой сумму карбонатной и некарбонатной жесткости. Такая жесткость после кипячения может снизиться, но лишь за счёт того, что устранилась карбонатная жесткость.

Жесткость воды, в первую очередь, влияет на здоровье человека. Чем выше показатели жесткости воды, тем больше в ней содержится солей кальция и магния. Постоянное употребление человеком жесткой воды может привести к повышенному накоплению солей в организме, а также к проблемам, связанным с сердечно-сосудистой системой. Также длительное употребление воды с повышенной жесткостью приводит к возникновению заболеваний суставов и к образованию камней в почках, желчных путях и мочевом пузыре [3-4].

При взаимодействии жесткой воды с моющими средствами появляются так называемые «мыльные шлаки» в виде пены. Такая пена после высыхания остается в виде налета на сантехнике, белье, а также человеческой коже и на волосах. Эти шлаки разрушают естественную жировую пленку кожи и забивают ее поры.

Из-за жесткой воды страдают бытовые приборы и сантехника. Например, посудомоечные и стиральные машины, чайники, парогенераторы, утюги, трубы и радиаторы отопления под воздействием жесткой воды быстро выходят из строя так как происходит накопление солей кальция, магния и других щелочноземельных металлов, который, в свою очередь, формируют известковый налет [1-3].

Но вред несет не только жесткая вода, но и мягкая. Чем ниже показатели жесткости воды, тем меньше в ней содержится солей кальция и магния, которые так нужны человеку. Содержание достаточного количества минералов в воде необходимо для организма человека, ведь именно благодаря употреблению воды мы восполняем количество минеральных веществ в организме. Длительное употребление слишком мягкой воды может привести к развитию кариеса, гастрита, язвы и др.

Нормы питьевой воды в Российской Федерации установлены согласно СанПиН 2.1.4.1074-01. Постановлением от 26 сентября 2001 г. установлена следующая норма для жесткости: «Жесткость общая – 7.0 мг-экв/л».

Следовательно жесткость воды, пригодная для употребления, не должна превышать 7 мг-экв/л.

Жесткость воды можно проверить как в домашних условиях, так и в лабораторных. Существуют следующие методы определения жесткости воды:

**Титриметрический метод.** Данный метод считается самым достоверным. Проводится этот метод анализа в лабораторных условиях, и в его основе лежит процесс образования соединений трилона Б со щелочными металлами.

**Колориметрический метод.** Данный метод как бы дополняет предыдущий, потому что при помощи этого метода можно измерить очень низкие уровни содержания кальция и магния.

**Тест-полоски.** Данный метод подходит для определения жесткости воды в домашних условиях, так как для этого нужно просто купить специальные тест-полоски и, следуя инструкции, провести анализ.

**TDS-анализ.** Данный метод так же подходит для определения жесткости воды в домашних условиях, так как для этого нужно купить специальный прибор TDS-метр и, следуя инструкции, провести анализ.

Подвергали анализу на временную, общую и постоянную жесткость пробы питьевой воды из под крана в г. Кемерово, г. Березовский, п. Ясногорский, а также для сравнения бутилированная вода «Святой источник», «Байкал».

Для определения временной жесткости отмеряли пипеткой 50 мл исследуемой воды и переносили в коническую колбу для титрования. Добавляли 2–3 капли индикатора метилового оранжевого. В приготовленную заранее бюретку наливали 0,1 н. раствор соляной кислоты. Устанавливали уровень в бюретке на нулевое деление и по каплям приливайте соляную кислоту до изменения окраски раствора от желтой до оранжево-розовой [3-5].

Определяли объем израсходованной соляной кислоты. Титрование повторяли еще 2 раза, каждый раз доливая кислоту в бюретку до нулевого деления и ополаскивая колбу для титрования.

Временную жесткость рассчитайте по формуле [5]:

$$C_{\text{экв}}^1 = \frac{n_{\text{эквHCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}},$$

где  $C_{\text{экв}}^1$  – временная жесткость воды, мэкв / л;  $V_{\text{HCl}}$  – объем кислоты, пошедший на титрование;  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  – объем анализируемой воды.

Таблица 1 - Результаты исследований временной жесткости анализируемых проб

Норме пробы	Наименование пробы	Временная жесткость воды, мэкв/л
№1	г. Березовский	4,6
№2	г. Кемерово	2
№3	п. Ясногорский (фильтры)	6,4
№4	п. Ясногорский (без фильтров)	6,8
№5	Бутилированная вода «Святой источник»	2,4
№6	Бутилированная вода «Байкал»	1,4

В настоящее время жесткость воды определяют комплексонометрическим методом с применением ЭДТА. Для исследований проб воды на общую жесткость заполняли бюретку титрованным раствором ЭДТА (0,02 н.). Отмеряли пипеткой (50–100 мл) анализируемой воды, добавляли 5 мл буферного раствора ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) для поддержания pH в интервале 9–10 и 2–3 капли индикатора – эриохрома черного, при котором раствор окрашивается в красный цвет. Перемешивали раствор и оттитровывали из бюретки раствором ЭДТА до перехода красной окраски в синюю. Титрование повторяли еще 2 раза.

Таблица 2 - Результаты жесткости воды

Норме пробы	Наименование пробы	Общая жесткость воды, мэкв/л	Постоянная жесткость воды, мэкв/л
№1	г. Березовский	9	4,4
№2	г. Кемерово	3,4	1,4
№3	п. Ясногорский (фильтры)	8	1,6
№4	п. Ясногорский (без фильтров)	13,4	6,6
№5	Бутилированная вода «Святой источник»	5,2	2,8
№6	Бутилированная вода «Байкал»	2,4	1

Общую жесткость воды рассчитайте по формуле:

$$C_{\text{экв}}^2 = \frac{n_{\text{эквЭДТА}} \cdot V_{2\text{ЭДТА}} \cdot 1000}{V_{1\text{H}_2\text{O}}},$$

где,  $C_{\text{экв}}^2$  – общая жесткость анализируемой воды, мэкв / л;  $V_{2\text{ЭДТА}}$  – объем раствора ЭДТА пошедшего на титрование;  $V_{1\text{H}_2\text{O}}$  – объем анализируемой воды.

Постоянную жесткость рассчитывали по формуле:

$$C_{\text{экв}}^3 = C_{\text{экв}}^2 - C_{\text{экв}}^1,$$

где,  $C_{\text{экв}}^3$  – постоянная жесткость анализируемой воды, мэкв / л.

Результаты жесткости воды приведены в таблице 3.

Результаты пробы №1 (г. Березовский) составили 9 мэкв/л и показали, что подземная (артезианская) вода, которую используют в водопроводной системе, жесткая. Это объясняется тем, что в воде растворяется большое количество солей. Результаты пробы №2 (г. Кемерово) составили 3,4 мэкв/л и показали, что речная вода в сравнении с подземной мягкая. В реках днища до-

лин заполнены современными аллювиальными отложениями (галька, песок, глина и т.д.). Анализируемая вода пробы №3 (п. Ясногорский (фильтры)) — это фильтрованная водопроводная вода, взятая из п. Ясногорского. Результаты составили 8 мэкв/л и показали, что подземная (артезианская) вода даже после фильтрования картриджным магистральным фильтром и локальным (двойная система очистки воды) является жесткой. Вода пробы №4 (п. Ясногорский (без фильтров)) взята из того же поселка. Результаты данной пробы составили 13,4 мэкв/л и показали, что эта вода абсолютно не соответствует СанПиНу, превышая его практически в два раза. Употреблять данную воду не рекомендуется, потому что употребление такой воды может привести к негативным последствиям, связанных со здоровьем. Такой высокий показатель жесткости говорит о том, что вода взята с больших глубин, ведь чем больше глубина, тем выше показатель жесткости воды. Результаты пробы №5 (Бутилированная вода «Святой источник») составили 5,2 мэкв/л и показали, что данная жесткость находится в пределах нормы — средняя, но вода из-под крана в г. Кемерово имеет более низкую жесткости, чем бутилированная. Анализ пробы №6 (Бутилированная вода «Байкал») показал, что жесткость составляет 2,4 мэкв/л. Это мягкая вода.

Из всех взятых проб именно бутилированная вода «Байкал» оказалась лучше всего очищенной от солей. Данная вода полностью соответствует СанПиНу 2.1.4.1074-01.

Длительное использование воды с повышенной жесткостью способствует ухудшению качества жизни, однако и длительное употребление воды с низкой жесткостью может привести к вымыванию солей из организма и изменению водно-солевого баланса. Поэтому содержание солей в питьевой воде в пределах нормы необходимо для нормальной жизнедеятельности организма.

#### Список литературы

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 752 с.
2. Мовчан, Н. И. Аналитическая химия: физико-химические и физические методы анализа: учебное пособие. — Санкт-Петербург: КНИТУ, 2013. — 236 с.
3. Ермолаева В.А. Изучение сезонных изменений жесткости и щелочности питьевой воды // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 1 (77). — С. 44 — 53.
4. Экология и природные ресурсы Кемеровской области. — [Электронный ресурс]. URL: <http://ecokem.ru/vodnye-resursy>
5. Сажин, С.Г. Приборы контроля состава и качества технологических сред: учебное пособие / С.Г. Сажин. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 432 с.