

ЛИТЕРАТУРА

1. Строкач П.П., Яловая Н.П. Экология гидросферы. – Брест: БГТУ, 2004. – 322 с.: ил.
2. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. – К.: Высш. школа. Головное изд-во, 1986. – 352с.
3. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1987. – 479с.
4. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь – справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2004. – 316 с.
5. Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. СанПиН 10 – 124 РБ 99, СанПиН 10 – 113 РБ 99, СанПиН 8 – 83 – 98 РБ 99. – Мн., 2000. – 152с.
6. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учеб. пособие. – Мн.: Высш. школа, 1980. – 320с.

УДК 628.337

Яловая Ю.С.

Научный руководитель: профессор, к.т.н. Строкач П.П.

ЖЕСТКОСТЬ ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

ВВЕДЕНИЕ

Состав и свойства воды в Республике Беларусь характеризуются органолептическими (температура, взвешенные вещества, мутность и прозрачность, цветность, запах и привкус), обобщенными (жесткость общая, щелочность, водородный показатель, окисляемость перманганатная, общая минерализация и др.), радиологическими; микробиологическими и паразитологическими показателями, концентрацией неорганических и органических веществ [1].

Жесткость воды – один из обобщенных химических показателей качества природной воды. Обуславливается присутствием в воде солей кальция, магния и некоторых других металлов. Различают карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную) жесткость. Общая жесткость определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния и представляет собой сумму карбонатной и некарбонатной жесткости. Карбонатная жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при $pH > 8,3$) кальция и магния. Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью. При нагреве воды гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния. Некарбонатная жесткость обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется [2].

Первоначально жесткость воды определялась как мера способности воды осажать пену, созданную жирными карбоновыми кислотами. Эта «пена» осаждалась в присутствии ионов кальция и (или) магния.

Жесткость воды колеблется в широких пределах, и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости. В таблице 1 приведены четыре примера классификации.

Таблица 1. Классификации воды по степени ее жесткости

Жесткость воды, ммоль/дм ³	Справочник по гидрохимии ³ (Россия)	Водоподготовка ⁴ (Беларусь)	Германия DIN 19643 ⁵	USEPA ⁶
0 - 1.5	Мягкая вода	Очень мягкая	Мягкая	Мягкая
1.5 - 1.6		Мягкая	Средней жесткости	Умеренно жесткая
1.6 - 2.4			Достаточно жесткая	
2.4 - 3.0			Умеренно жесткая	Достаточно жесткая
3.0 - 3.6		Умеренно жесткая		
3.6 - 4.0	Средней жесткости			
4.0 - 6.0				
6.0 - 8.0				
8.0 - 9.0				
9.0 - 12.0				
Свыше 12.0				

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Жесткая вода неблагоприятна для организма человека. Например, последствиями использования жесткой воды могут быть – провоцирование образования камней в почках и печени, остеохондроза, болезни суставов, атеросклероза, аллергии и диатеза, сыпь у людей с чувствительной кожей; преждевременного износа одежды из-за солей, находящихся в воде; образование отложений на водонагревательных приборах, на стенках ванн, раковин, унитазов, водопроводных труб; увеличение затрат на отопление, поскольку на внутренней поверхности труб образуется камень, замедляющий скорость потока; изменение вкуса кофе, чая и других продуктов. При взаимодействии солей жесткости со стиральными порошками, мылом, шампунями происходит образование так называемых «мыльных шлаков». Во-первых, в этом случае моющих средств расходуется гораздо больше, во-вторых – после высыхания «мыльные шлаки» остаются в виде налета на сантехнике, белье, на волосах, на нашей коже. Они разрушают естественную жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа. Поэтому кожа «скрипит» и приходится тратить ее на лосьоны, смягчающие и увлажняющие кремы. Это очень выгодно многочисленным косметическим компаниям. Придуманы различные маркетинговые ходы, не подвергается сомнению, что без всего этого просто не обойтись. В рекламах моющих средств часто обращают наше внимание на их водородный показатель, но не это является решением проблемы.

Для сохранения естественной защиты кожи нужно мыться мягкой водой. Вызывающее у некоторых раздражение чувство «мылкости» после пользования мягкой водой является признаком того, что защитная жировая пленка на коже цела и невредима. Именно она и скользит. Однако следует помнить, что очень мягкая вода может просто «растворять» железные водопроводные трубы, поэтому если после умягчителя вода не сразу попадает в кран, то дальше следовать она должна по пластиковым трубам [2].

МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ

Из-за неблагоприятного воздействия солей жесткости и на здоровье человека, и на бытовые приборы, и на производственные материалы, возникает настоятельная необходимость умягчения воды. Для этого могут применяться следующие методы очистки воды:

³ Справочник «Гидрохимические показатели состояния окружающей среды», Россия.

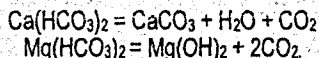
⁴ Строчак П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод. Учеб. пособие. - Мн.: Выш. школа, 1980. - 320с.

⁵ Нормы жесткости немецкого института стандартизации (DIN 19643).

⁶ Нормы жесткости, принятые Агентством по охране окружающей среды США (USEPA), 1986.

- термический метод, или кипячение, основанный на нагревании воды;
- дистилляция или вымораживание;
- реагентный;
- ионообменный;
- обратный осмос;
- электродиализ;
- комбинированный, представляющего собой различные сочетания перечисленных методов [4].

В домашних условиях устранить временную (карбонатную) жёсткость можно кипячением или вымораживанием. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются, образуя карбонат кальция и гидроксид магния:



Жесткость воды может быть уменьшена с помощью обработки гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кальцинированной содой Na_2CO_3 . Известь осаждает карбонаты, сода осаждает другие соли кальция и магния. Затем образовавшиеся осадки удаляются фильтрацией. Этот способ довольно эффективен, но совершенно не подходит для использования в домашних условиях. Он применяется на городских водозаборах в тех случаях, когда жесткость превышает допустимые нормы. Требует довольно громоздкого оборудования и больших финансовых затрат.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В проводимых исследованиях использовался *метод комплексометрического определения ионов жесткости*, основанный на образовании прочного комплексного соединения при $\text{pH}=10$ ионов кальция и магния с этилендиаминтетраацетатом натрия (трилон Б, $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$) [4]. Определение выполняется титрованием в присутствии индикаторов мурексида и эриохрома черного Т. При $\text{pH}=12-13$ комплекс магния разрушается, а комплекс кальция остается устойчивым, поэтому при титровании трилоном Б отсутствие свободных ионов кальция обнаруживается индикатором. Минимально определяемая концентрация ионов кальция $0,05$ ммоль/дм³.

1. Определения ионов Ca^{2+}

В колбу для титрования помещают 50 мл пробы (V) и 50 мл дистиллированной воды. Доводят pH раствора до 3 , прибавляя по каплям раствор 1 н. соляной. Раствор кипятят в течение 3 мин. для удаления CO_3^{2-} . В охлажденную воду добавляют 2 мл раствора гидроксида натрия, $1-2$ микрошпателя мурексида и сразу титруют трилоном Б до появления интенсивного фиолетового окрашивания, устойчивого в течение 3 минут. Израсходованный объём этого раствора (a) отвечает содержанию кальция.

Содержание ионов Ca^{2+} мг-экв/дм³ вычисляется по формуле:

$$\text{Ca}^{2+} = a \cdot 0,05 \cdot 1000 / V,$$

где a – объём $0,05$ М раствора трилона Б, израсходованного при титровании пробы мурексидом, мл; V – объём пробы взятого для определения, мл.

2. Определение общей жесткости воды

В колбу для титрования помещают 50 мл пробы (V) и разбавляют дистиллированной водой до 100 мл. Потом добавляют 5 мл буферного раствора аммиака и $1-2$ микрошпателя эриохрома черного Т, затем титруют до перехода фиолетово-розового окрашивания в синее. Израсходованный при титровании раствор трилона Б (b) отвечает содержанию ионов жесткости.

Расчёт. Жесткость в мг-экв/дм³ (ммоль/дм³) вычисляют по формуле:

$$Ж = b \cdot 0,05 \cdot 1000/V,$$

где b- объём 0,05 раствора трилона Б, израсходованного при титровании пробы с эриохромом чёрным, мл; V- объём пробы взятого для определения, мл.

3. Определение ионов Mg²⁺.

Содержание магния (мг-экв/дм³) в анализируемой пробе воды можно рассчитать по результатам определения жесткости и кальция:

$$Mg^{2+} = Ж - Ca^{2+}.$$

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРАНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ

В качестве исследуемых проб воды были отобраны образцы воды разных районов г. Бреста. Для исследования устранения жесткости воды применялись физические методы – кипячение и вымораживание. Исследования выполнялись в лаборатории экологии на кафедре инженерной экологии и химии БрГУ комплекснометрическим методом анализа. Определение показателей проводились не менее 3 раз на каждой пробе. Усредненные результаты представлены в таблицах 2-5 и на рисунке 1.

Таблица 2. Характеристика жесткости анализируемых проб воды, ммоль/дм³

Источник	Общая жёсткость	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Вода по ул. Сябровская (район Вулька)	4,2	3,9	0,3
Вода по ул. 28 Июля (район Ковалёво)	4,6	3,8	0,8
Вода по ул. Красногвардейская (район Граевка)	4,9	3,9	1
Вода из БрГУ	4,3	3,7	0,6
Вода из артскважины водозабора №3 (район Красного двора)	4	3,5	0,5
Минеральная вода «Фрост»	1	1	-
Минеральная вода «Дарида»	3,6	2,2	1,4

Таблица 3. Устранение жёсткости анализируемых проб воды

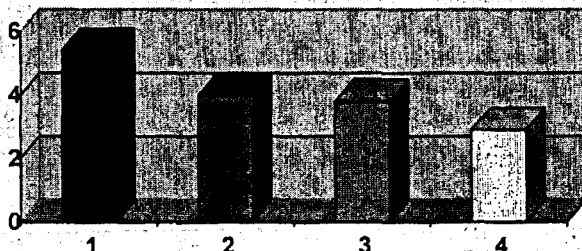
Источник	Исходная общая жёсткость, ммоль/дм ³	Общая жёсткость (ммоль/дм ³) после		
		кипячения	замораживания	кипячения+ замораживания
Вода по ул. Кирова (центральный район)	5,4	3,8	4	2,9
Вода из артскважины водозабора №3 (район Красного двора)	4	2,6	3,3	1,4
Вода по ул. 28 Июля (м-н Ковалёво)	4,6	3,5	4,2	3,3
Вода по ул. Сябровская (м-н Вулька)	4,2	3,3	3,6	2,3
Вода из БрГУ	4,3	3,5	3,8	2,4
Минеральная вода «Брестская»	22,3	19	17	15,5
Вода по ул. Красногвардейская (м-н Граевка)	4,9	3,3	3,9	2,8
Дистиллированная вода	0,1	-	-	-

Таблица 4. Снижение жёсткости анализируемых проб воды замораживанием

Источник	Общая жёсткость, ммоль/дм ³	
	до замораживания	после замораживания
Минеральная вода "Брестская"	23,5	20,7
Минеральная вода "Брестская-5"	14,28	9
Минеральная вода "Минская-4"	4,75	3,5
Питьевая вода "Aqua Minerale"	1,1	0,8
Водопроводная вода	4,9	3,9

Таблица 5. Снижение жёсткости водопроводной воды

исходная	Общая жёсткость, ммоль/дм ³		
	после замораживания	после кипячение	после кипячения+ замораживания
5,4	4	3,8	2,9



1 – Общая жёсткость; 2 – замораживание; 3 - кипячение
 Рис. 1 Диаграмма снижения общей жёсткости водопроводной воды

ВЫВОДЫ

Исследование способов снижения общей жёсткости воды методами кипячения и вымораживания показало, что в бытовых условиях данные физические методы эффективны, малозатратны, а потому экономически выгодны, поэтому могут быть использованы жителями нашего города для умягчения используемой воды.

Применение фильтрующих установок, сильно снижающих жесткость воды и используемых в домашних условиях, не особенно благоприятно для состояния здоровья из-за недостаточного содержания минерального состава и поэтому не оправданно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. СанПиН 10 – 124 РБ 99, СанПиН 10 – 113 РБ 99, СанПиН 8 – 83 – 98 РБ 99. – Мн., 2000. – 152 с.
2. Строкач П.П., Яловая Н.П. Экология гидросферы. – Брест: БГТУ, 2004. – 322 с.: ил.
3. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. – К.: Высш. школа. Головное изд-во, 1986. – 352 с.
4. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учеб. пособие. - Мн.: Высш. школа, 1980. – 320 с.