

## 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.: Выш. 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 осаждать 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 классификации воды по степени ее жесткости. В таблице 1 приведены четыре примера классификации.

Таблица 1. Классификации воды по степени ее жесткости

Жесткость воды, ммоль/дм <sup>3</sup>	Справочник по гидрохимии <sup>3</sup> (Россия)	Водоподготовка <sup>4</sup> (Беларусь)	Германия DIN 19643 <sup>5</sup>	USEPA <sup>6</sup>
0 - 1.5		Очень мягкая		Мягкая
1.5 - 1.6			Мягкая	
1.6 - 2.4	Мягкая вода	Мягкая	Средней жесткости	Умеренно жесткая
2.4 - 3.0			Достаточно жесткая	
3.0 - 3.6				
3.6 - 4.0	Средней жесткости	Умеренно жесткая	Достаточно жесткая	
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, последствием 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:

<sup>3</sup> Справочник «Гидрохимические показатели состояния окружающей среды», Россия.

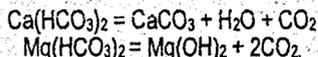
<sup>4</sup> Строчак П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод. Учеб. пособие. - Мн.: Выш. школа, 1980. - 320с.

<sup>5</sup> Нормы жесткости немецкого института стандартизации (DIN 19643).

<sup>6</sup> 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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . 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. Требуется довольно громоздкое оборудование 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 мурексид 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/дм<sup>3</sup>.

##### 1. Определения ионов $\text{Ca}^{2+}$

В колбу для титрования помещают  $50$  мл пробы ( $V$ ) и  $50$  мл дистиллированной воды. Доводят  $\text{pH}$  раствора до  $3$ , прибавляя по каплям раствор  $1$  н. соляной. Раствор кипятят в течение  $3$  мин. для удаления  $\text{CO}_3^{2-}$ . В охлажденную воду добавляют  $2$  мл раствора гидроксида натрия,  $1-2$  микрошпателя мурексид и сразу титруют трилоном Б до появления интенсивного фиолетового окрашивания, устойчивого в течение  $3$  минут. Израсходованный объем этого раствора ( $a$ ) отвечает содержанию кальция.

Содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  мг-экв/дм<sup>3</sup> вычисляется по формуле:

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

где  $a$  – объем  $0,05$  М раствора трилона Б, израсходованного при титровании пробы мурексидом, мл;  $V$  – объем 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/дм<sup>3</sup> (ммоль/дм<sup>3</sup>) 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 Mg<sup>2+</sup>.

Содержание магния (мг-экв/дм<sup>3</sup>) 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/дм<sup>3</sup>

Источник	Общая жёсткость	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
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

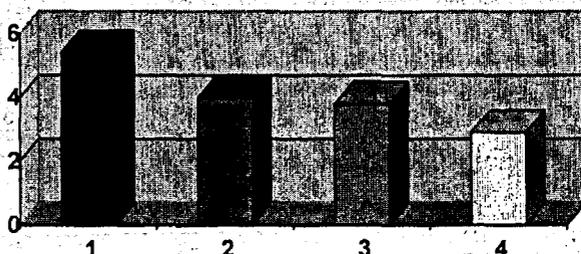
Источник	Исходная общая жёсткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	Общая жёсткость (ммоль/дм <sup>3</sup> ) после		
		кипячения	замораживания	кипячения+ замораживания
Вода по ул. Кирова (центральный район)	5,4	3,8	4	2,9
Вода из артскважины водозабора №3 (район Красного двора)	4	2,6	3,3	1,4
Вода по ул. 28 Июля (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 <sup>3</sup>	
	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 <sup>3</sup>		
	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.