



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДЫ, ПРОШЕДШЕЙ РАЗЛИЧНУЮ ВОДОПОДГОТОВКУ ДЛЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИЩИ

А. С. Корогодин, студент,  
hoshemin97@mail.ru

Ю. П. Александров, канд. техн. наук, доцент,  
yury.aleksandrov@klgtu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

В статье дается определение понятия питьевой воды в Российской Федерации, указывается, каким критериям и нормативам она должна отвечать. В качестве основных критериев качества воды рассмотрены ее жесткость и щелочность. Приведено сравнение критериев, которым отвечает вода в России, с зарубежными аналогами, включая соотношения национальных единиц измерения жесткости воды. Представлены результаты измерений жесткости и кислотности воды всех районов Калининграда. Рассмотрены различные методы водоподготовки, из которых выбраны несколько наиболее часто применяемых в быту человеком, чтобы установить их эффективность. По результатам проверки различной водоподготовки для пищевых целей, даны рекомендации по её применению и эффективности.

*питьевая вода, жесткость воды, щелочность, водоподготовка, измерение, вода Калининграда, здоровье человека*

Не во всех регионах Российской Федерации экологическая ситуация находится в более или менее благоприятном состоянии. Зачастую реки и озера используются человеком как свалки для жидких отходов, в них часто сливаются бытовые и промышленные отходы городов и различных предприятий. В то же время эти же реки и озера эксплуатируются и как источники питьевой воды. А поскольку вода оказывает огромное влияние на здоровье человека, то он должен употреблять качественную питьевую воду. Поэтому анализ воды конкретного региона и грамотное использование методов водоподготовки для разных целей является актуальной проблемой. Выполнено сравнение качества проб водопроводной воды из разных районов Калининграда, а также проб воды, прошедших разную водоподготовку, чтобы выяснить, какой метод водоподготовки наиболее эффективен к применению в быту человеком.

Согласно ГОСТ Р 51232-98 [1] питьевой считается вода, прошедшая очистку из источника питьевого водоснабжения или доочистку из централизованных систем питьевого водоснабжения, по гигиеническим нормативам соответствующая СанПиН 2.1.4.1116-02 [2], упакованная в потребительскую тару и предназначенная для удовлетворения питьевых и бытовых потребностей человека либо для приготовления продукции, потребляемой человеком (пищевых продуктов, напитков, пищи и т.д.).

В нашем исследовании основными критериями выступали такие понятия, как жесткость воды и ее щелочность. Жесткостью воды называется совокупность различных физических и химических свойств, обусловленных содержанием в ней растворенных ионов щелочно-земельных металлов, в основном кальция и магния, также известных как «соли жесткости». Одной единице жесткости воды соответствует концентрация щелочно-земельного элемента, численно равная  $\frac{1}{2}$  его миллимоля на литр, и которая носит название градуса жесткости ( $^{\circ}\text{Ж}$ ) [3].

Согласно ГОСТ 31865-2012 [3] по величине общей жесткости вода в Российской Федерации подразделяется на:

- мягкую (до 2 °Ж);
- средней жесткости (2-10 °Ж);
- жесткую (более 10 °Ж).

В разных странах используются свои различные внесистемные единицы (градусы жесткости) по определению жесткости. В табл. 1 приведены соотношения национальных единиц жесткости воды, принятых в других странах [3].

Таблица 1 – Соотношение национальных единиц измерения жесткости воды в различных странах

Страна	Обозначение единицы жесткости воды	Российская Федерация	Германия	Великобритания	Франция	США
Российская Федерация	°Ж	1	2,80	3,51	5,00	50,04
Германия	°DH	0,357	1	1,25	1,78	17,84
Великобритания	°Clark	0,285	0,80	1	1,43	14,3
Франция	°F	0,20	0,56	0,70	1	10
США	ppm	0,02	0,056	0,070	0,10	1

Также в качестве примера в табл. 2 приведены нормы жесткости в зарубежных странах и в РФ. Видно, что в Российской Федерации установлены довольно заниженные требования к качеству воды. В табл. 2 представлены: нормы жесткости из нормативных документов СанПиН 2.1.4.10749-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды», нормы Агентства по охране окружающей среды США (US EPA), международные рекомендации ВОЗ «Руководство по контролю качества питьевой воды 1992 г.» (Германия).

Таблица 2 – Нормы жесткости и соответствующие им категории воды в различных странах

Категории жесткости воды	Жесткость воды, принятая в РФ (1 мг-экв/л)	Жесткость воды, принятая в США (1 мг-экв/л)	Жесткость воды, принятая в Германии (1 мг-экв/л)
Очень мягкая	-	-	< 1,5
Мягкая	< 2	< 1,2	1,5 - 4
Средней жесткости	2 - 10	1,2 – 2,4	4 - 8
Жесткая	> 10	2,4 – 3,6	8 - 12
Очень жесткая	-	> 3,6	> 12

СанПиН 2.1.4.1116-02 [2] устанавливает требования на содержание определенных элементов в питьевой воде – наличие каких элементов допустимо в воде и в каком объеме, а также общие критерии, которым она должна соответствовать. Наличие некоторых из таких элементов, а также критерий жесткости и щелочности питьевой воды представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Состав питьевой воды согласно СанПиН 2.1.4.1116-02 [2]

Показатели питьевой воды и элементы, входящие в воду	Единицы измерения	Нормативы физиологической полноценности питьевой воды, в пределах	Нормативы качества расфасованной питьевой воды	
			Первая категория	Вторая категория
Общая минерализация, в пределах	мг/л	100 - 1000	1000	200 - 500
Жесткость	мг-экв/л	1,5 - 7	7	1,5 - 7
Щелочность	мг-экв/л	0,5 – 6,5	6,5	0,5 – 6,5
Кальций (Ca)	мг/л	25 - 130	130	25 - 80
Магний (Mg)	мг/л	5 - 65	65	5 - 50
Калий (K)	мг/л	-	20	2 - 20
Бикарбонаты	мг/л	30 - 400	400	30 - 400
Фторид-ион (F)	мг/л	0,5 – 1,5	1,5	0,6 – 1,2
Иодид-ион (J)	мг/л	10 - 125	125	40 - 60

В зависимости от щелочности (рН) и жесткости (°Ж) вода может быть пригодной для потребления человеком или нет с точки зрения как ее вкусовых свойств, так и влияния на организм. Высокая жесткость воды, например, способствует образованию мочевых камней: в ходе долгого употребления такой воды соли кальция и магния оседают в сосудах, почках и других органах. Также постоянное употребление жесткой воды вызывает нарушение минерального баланса организма, что, в свою очередь, ведет к возникновению сосудистых, кожных и пищеварительных заболеваний. Мягкая вода также вредит организму, особенно дистиллированная (в результате очистки из нее удаляются не только вредные бактерии и нежелательные элементы, но и полезные макроэлементы). Длительное употребление такой воды ведет к потере минеральных солей в организме и, следовательно, сердечно-сосудистым заболеваниям.

Что касается щелочности воды, то для употребления рекомендуется слабощелочная вода (рН = 7,5-8,5), так как кислая среда способна спровоцировать большое число болезней из-за того, что является идеальной для размножения паразитов.

При проведении исследований были взяты пробы водопроводной воды из разных районов г. Калининграда, а также из городов Гурьевска и Светлогорска и поселка Люблино. Все отобранные пробы воды прошли измерения на показатели жесткости и щелочности, которые являются основными критериями для сравнения в дальнейшем с водой, прошедшей водоподготовку, чтобы выяснить, какие из способов водоподготовки наиболее эффективны, а какие не оказывают никакого влияния и, следовательно, не рекомендуются к применению. Все образцы были взяты в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [4] по отбору проб. Результаты измерений жесткости воды представлены в виде гистограммы на рис. 1.

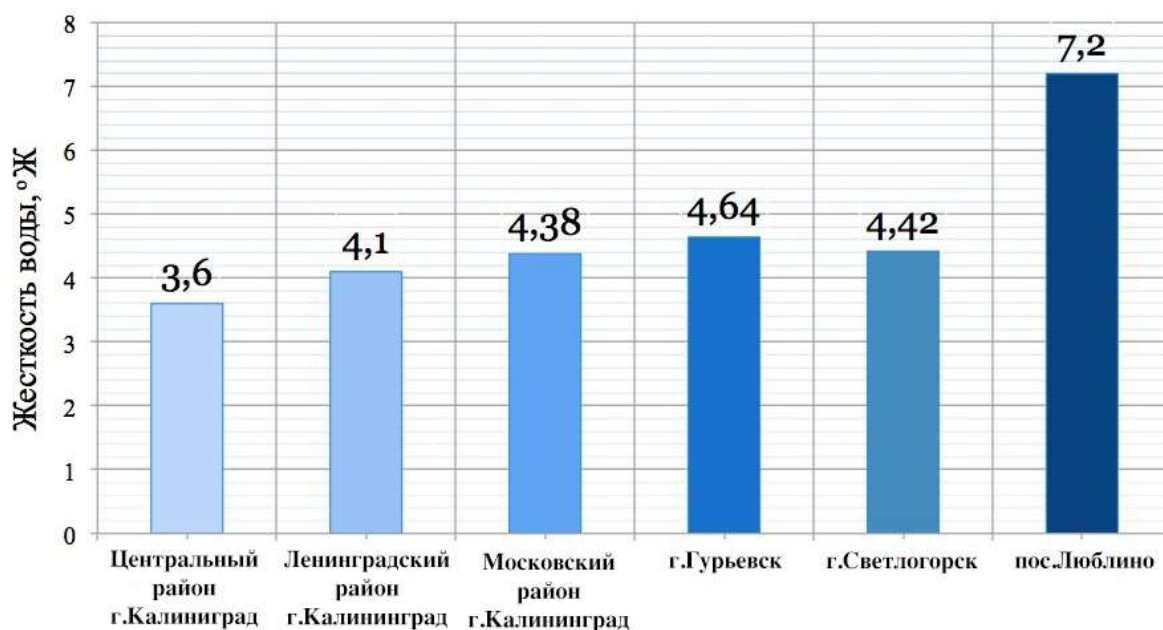


Рисунок 1 – Жесткость воды в различных районах г. Калининграда в сравнении с её жесткостью в других местах

Из гистограммы видно, что пробы воды, взятые в Центральном районе г. Калининграда, показали наименьшие значения жесткости по сравнению с пробами воды из остальных районов. Измерение жесткости воды в пробах, взятых во всех трех районах Калининграда, проводили несколько раз, в разное время и в разных местах этих районов. В гистограмме представлен средний показатель жесткости водопроводной воды по каждому району. Также приведены результаты измерений жесткости водопроводной воды в городах Гурьевске, Светлогорске и родниковой воды в поселке Люблино.

Жесткость воды измеряли переносным карманным прибором - солемером TDS-3 (рис. 2 а). Для подтверждения достоверности его показаний жесткость некоторых образцов воды замеряли в химической лаборатории КГТУ с помощью метода титрования (рис. 2 б). Результаты измерений жесткости воды представлены в табл. 4. Так как прибор TDS-3 измеряет показания жесткости воды в американских единицах измерения (ppm), а у нас, соответственно, принята другая единица измерения (°Ж), следовательно, для более удобного восприятия результатов осуществлялся соответствующий перевод единиц согласно табл. 1, из чего следует, что  $1\text{ }^{\circ}\text{Ж} = 50\text{ ppm}$ .

Таблица 4 – Сравнение результатов по замеру жесткости различных проб воды разными методами

Пробы воды	Прибор солемер TDS-3, °Ж	Химический метод титрования, °Ж
Вода фирмы «Айсберг»	1,5	1,5
Водопроводная вода Центрального района	3,6	3,2
Водопроводная вода Центрального района, прошедшая очистку обратным осмосом	0,24	0,2
Водопроводная вода Московского района	4,38	4
Водопроводная вода г. Светлогорска, прошедшая очистку обратным осмосом	1,24	1

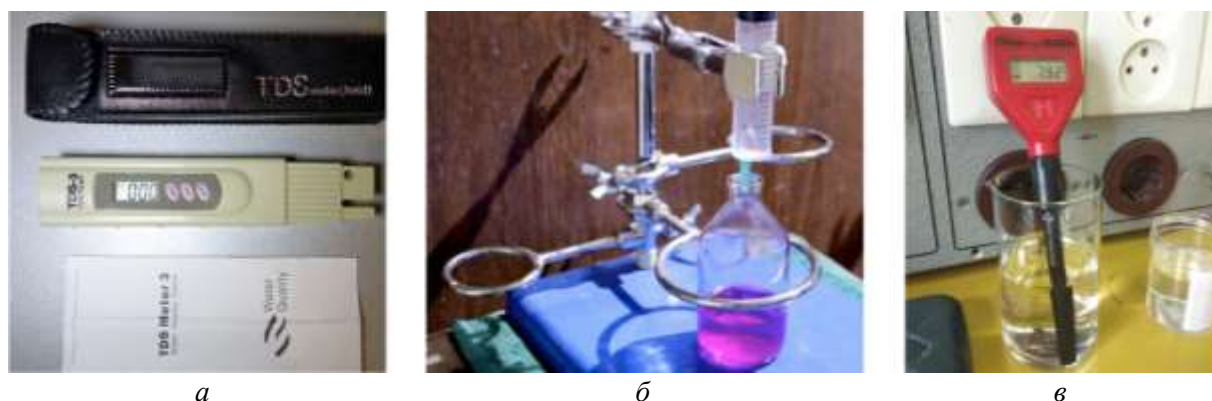


Рисунок 2 – Средства измерения жесткости и щелочности проб воды: *а* – прибор солемер TDS-3 для измерения жесткости воды; *б* – установка для титрования, использовалась для подтверждения правильности показаний солемера TDS-3; *в* – Pocket Sized pH Meter для измерения щелочности воды

Также все пробы водопроводной воды трех районов Калининграда подверглись проверке на щелочность с помощью соответствующего прибора, предоставленного кафедрой химии КГТУ (рис. 3 *в*). Результаты измерений показали, что все пробы входят в категорию нейтральных или слабощелочных вод, что соответствует критериям для питьевой воды по ГОСТ 31957-2012 [5]. Согласно шкале pH вода по водородному показателю подразделяется на: сильнокислые воды ( $\text{pH} < 3$ ), кислые ( $\text{pH} = 3-5$ ), слабокислые ( $\text{pH} = 5-6,5$ ), нейтральные ( $\text{pH} = 6,5-7,5$ ), слабощелочные ( $\text{pH} = 7,5-8,5$ ), щелочные ( $\text{pH} = 8,5-9,5$ ) и сильнощелочные воды ( $\text{pH} > 9,5$ ).

Таблица 5 – Результаты измерения жесткости и щелочности отобранных проб воды

Место отбора проб и водоподготовка	Показания прибора солемера TDS-3, мг/л	Перевод показаний прибора в градусы жесткости, °Ж	Водородный показатель pH
Центральный район (проба воды взята из водопроводной сети)	189	3,78	7,81
Центральный район (вода водопроводная, прошедшая очистку через фильтр)	67	1,34	6,58
Центральный район (вода водопроводная кипяченая)	189	5,78	7,15
Московский район (проба воды взята из водопроводной сети)	219	4,38	7,6
Московский район (вода водопроводная, прошедшая очистку методом обратного осмоса)	16	0,32	7,12
Московский район (вода водопроводная, прошедшая очистку методом обратного осмоса и прокипяченная)	21	0,42	7,63
Ленинградский район (проба воды взята из водопроводной сети)	208	4,16	7,53
Ленинградский район (вода водопроводная, прошедшая очистку через фильтр)	210	4,2	7,9
Ленинградский район (вода водопроводная кипяченая)	181	3,62	8,66

Существует довольно много различных методов водоподготовки, таких, например, как термоумягчение, реагентное умягчение, обратный осмос, электродиализ, отстаивание, фильтрация, коагуляция и многие другие. В опытах использовались наиболее распространенные методы, которые наиболее часто встречаются в быту. Результаты измерения жесткости воды, прошедшей водоподготовку различными методами, представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Результаты измерения жесткости воды, прошедшей водоподготовку различными методами

Место отбора проб водопроводной воды	Вид водоподготовки водопроводной воды	Жесткость воды по прибору TDS-3, мг/л	Перевод показаний прибора в градусы жесткости, °Ж
Центральный район: жесткость воды составляет 190 ppm (3,8 °Ж)	Отстаивание в течение 8 ч	182	3,64
	Профильтрована через фильтр «Аквафор»	179 (картридж месяц в эксплуатации)	3,58
		144 (новый картридж)	2,88
	Профильтрована через фильтр «Аквафор» и прокипяченная	153 (картридж месяц в эксплуатации)	3,06
		141 (новый картридж)	2,82
	Прошедшая очистку методом обратного осмоса	12	0,24
Московский район: жесткость воды составляет 219 ppm (4,38 °Ж)	Прошедшая очистку методом обратного осмоса	16	0,32
	Прошедшая очистку методом обратного осмоса и прокипяченная	21	0,42
Ленинградский район: жесткость воды составляет 208 ppm (4,16 °Ж)	Кипячение	181	3,62

Как видно из табл. 6, лучший результат водоподготовки показал метод обратного осмоса, который делает воду практически абсолютно «чистой». Вторым по качеству получаемой воды является результат от использования различных угольных фильтров. Кипячение незначительно понижало показатель жесткости воды. При кипячении уничтожаются почти все болезнетворные микробы и вирусы, но не тяжелые металлы, содержащиеся в воде. Метод отстаивания, как и кипячение, частично помогает снизить содержание такого вредного элемента, как хлор. На рис. 3 представлен график изменения концентрации ионов в воде, взятой из водопроводной сети Центрального района г. Калининграда.

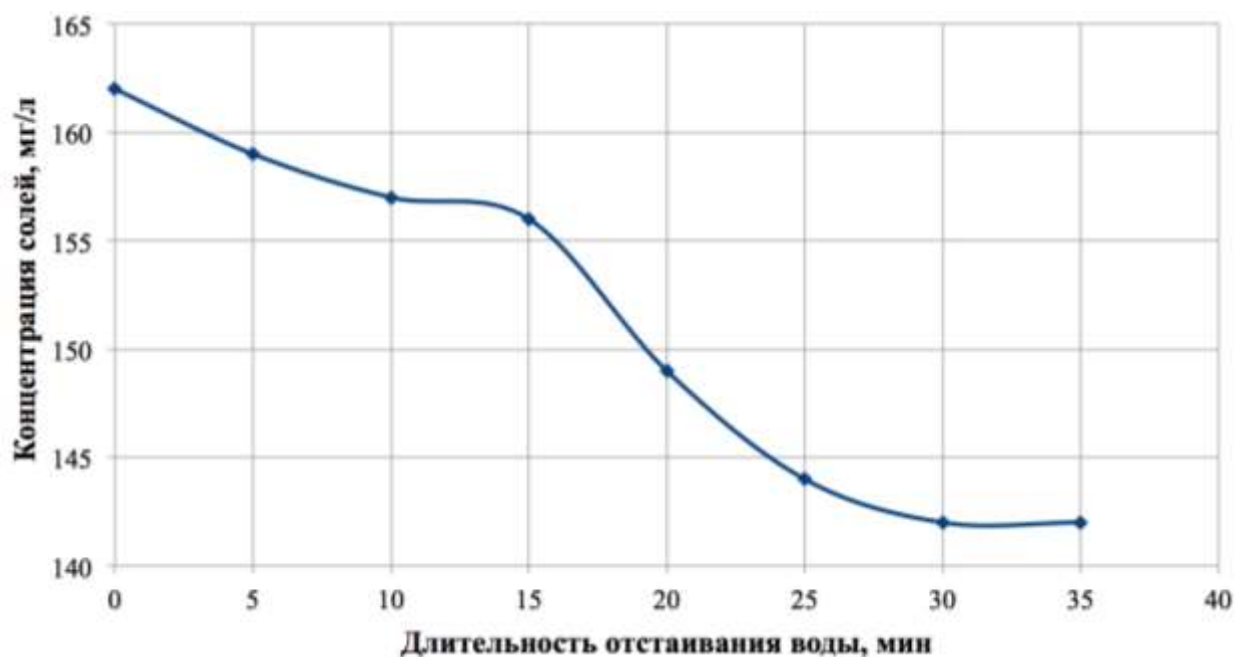


Рисунок 3 – График изменения концентрации ионов в водопроводной воде при десорбции хлора в зависимости от длительности отстаивания воды

Однако стоит иметь в виду, что в зависимости от размеров взвешенных частиц, их формы, удельного веса и температуры воды продолжительность отстаивания всегда будет неодинакова для воды из разных источников. Поэтому длительность отстаивания для каждой пробы воды должна определяться опытным путем, так как не стоит отстаивать воду дольше положенного, ибо в ней начнётся неизбежное размножение патогенной флоры. В экспериментах использовался фильтр фирмы «Аквафор», устраняющий жесткость воды. В самом начале применения работоспособность фильтра была высокой, коэффициент жесткости значительно понижался. В течение месяца его способность к снижению жесткости воды падала, а при превышении срока эксплуатации фильтра жесткость начинала увеличиваться (табл. 7). На рис. 4 представлен график эффективности очистки воды угольным фильтром фирмы «Аквафор» в зависимости от объема прошедшей через него воды.

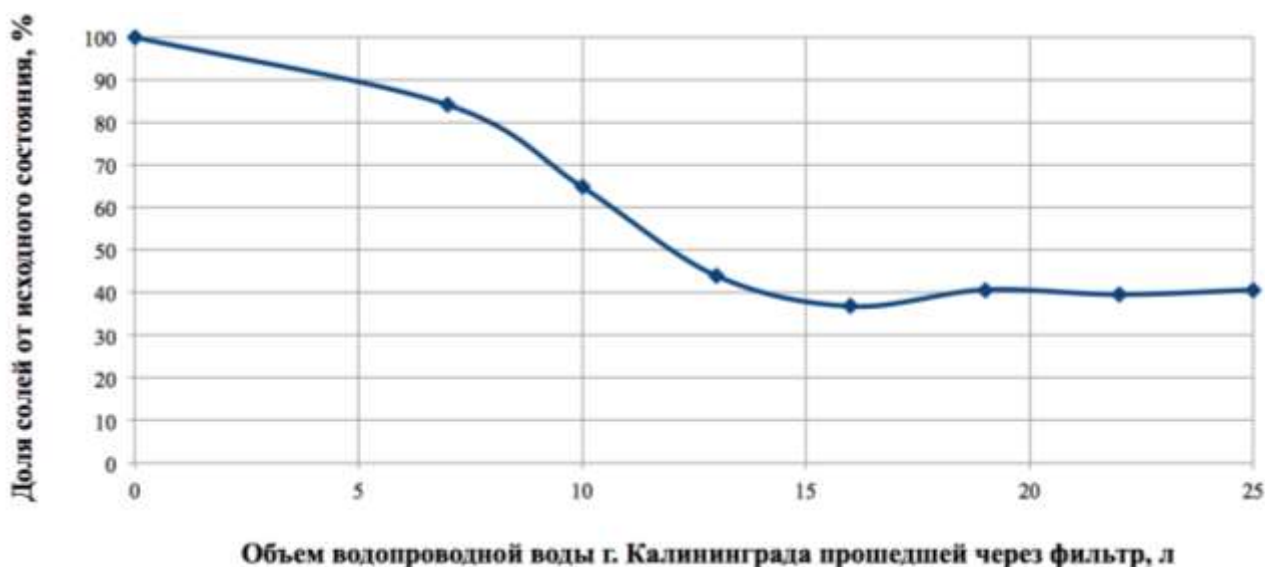


Рисунок 4 – График зависимости эффективной очистки воды угольным фильтром от объема прошедшей через него воды

Таблица 7 – Результаты очистки воды угольным фильтром в зависимости от его состояния

Состояние фильтра	Жесткость водопроводной воды, °Ж	Жесткость воды после фильтрации, °Ж
Картридж новый	3,84	2,88
Картридж месяц в эксплуатации		3,58
Картридж два месяца в эксплуатации		3,91

Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что метод обратного осмоса является наиболее эффективным при очистке воды человеком в быту, однако при этом из неё удаляются необходимые для человека микроэлементы. Метод отстаивания водопроводной воды помогает снизить содержание такого вредного элемента, как хлор. Использование угольного фильтра также является пригодным методом водоподготовки, избавляя в какой-то степени водопроводную воду от солей жесткости.

Исследования показали, что водопроводная вода г. Калининграда пригодна для питья и отвечает требованиям ГОСТ Р 51232-98 [1] по замеренными нами показателями жесткости и щелочности. Однако необходимо отметить, что российские критерии, касающиеся признания воды питьевой, значительно ниже, чем европейские и американские стандарты, поэтому необходимо стремиться к улучшению показателей качества воды. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения большое количество болезней человека вызывается употреблением некачественной воды для питьевых нужд, а также использованием ее в быту. Следовательно, анализ воды конкретного региона и тщательный подбор необходимой для нее водоподготовки являются актуальными проблемами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – Москва, 1999. – 18 с.
2. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. – Москва, 2002. – 39 с.
3. ГОСТ 31865-2012. Вода. Единица жесткости. – Москва, 2014. – 8 с.
4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Москва, 2014. – 31 с.
5. ГОСТ 31957-2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. – Москва, 2014. – 24 с.

#### INVESTIGATION OF WATER THAT PAST WATER TREATMENT FOR WATER CONSUMPTION AND COOKING

A. S. Korogodin, student, hoshemin97@mail.ru,  
 Ju. P. Alexandrov, candidate of engineering sciences, assistant professor,  
 yury.aleksandrov@klgtu.ru  
 FGBOU VO “Kaliningrad State Technical University”

The article gives a definition of drinking water in the Russian Federation, what kind of criteria and standards it should match. As the main criteria of water quality examined it's hardness and alkalinity, and on which water groups it is subdivided according to these criteria. Comparison of the criteria for water in Russia with foreign analogues is given, including the ratio of national units of measuring water hardness. The article presents the results of measurements of water hardness and acidity in all regions of Kaliningrad. Various methods of water treatment, which people are most often used in everyday life are examined, to establish their effectiveness. As a result of testing various water treatment for food purposes, recommendations for their use are given.

*drinking water, water hardness, alkalinity, water treatment, measurement, water of Kaliningrad, human health*