

## ИЗУЧЕНИЕ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЖЕСТКОСТИ И ЩЕЛОЧНОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Ермолаева В. А.

### STUDY OF SEASONAL CHANGES IN HARDNESS AND ALKALINITY OF DRINKING WATER

Ermolaeva V. A.

#### Аннотация

Проанализировано качество питьевой воды (водопроводной и родниковой). Анализ жесткости и щелочности воды проводился в лабораторных условиях титриметрическим методом. Изучены тенденции изменения жесткости и щелочности в разные сезоны года (осенью и весной). Значения жесткости воды колеблются в пределах от 3,4 до 9,89 мг-экв./л осенью, от 3,25 до 9,8 мг-экв./л весной. Вода средней жесткости и жесткая составляет 92,9 % от общего количества проб, что свидетельствует о необходимости умягчения воды. Значения щелочности воды колеблются в пределах от 0,6 до 5,6 мг-экв./л осенью, от 0,8 до 5,7 мг-экв./л весной. Во всех пробах щелочность воды соответствует норме ПДК. Проведено графическое сравнение результатов анализа. Между значениями жесткости воды, определенными осенью и весной, наблюдается зависимость: жесткость большинства проб воды осенью несколько больше, чем весной. Между значениями щелочности воды, определенными осенью и весной, наблюдается зависимость: значения щелочности большинства проб воды осенью несколько ниже, чем весной. Кратко охарактеризованы методы удаления жесткости и щелочности.

**Ключевые слова:** жесткость воды, щелочность, титриметрический анализ.

#### Введение

Состав и свойства воды, потребляемой человеком для питьевых и бытовых нужд, определяет ее качество и саму возможность использования для разнообразных целей. Чистая питьевая вода является необходимым условием сохранения здоровья человека [1, 2]. Задача анализа качества воды по различным критериям представляется актуальной, поэтому таким исследованиям посвящено достаточное количество статей [5, 6, 8, 17]. Оценивая качество воды, исследователи проводят аналитические анализы по строго регламентированным стандартным методикам и получают значения физических показателей ка-

#### Abstract

Within the framework of the present study, quality of drinking water (tap water and spring water) is analyzed. Water hardness and alkalinity were analyzed under laboratory conditions using the titrimetric method. Hardness and alkalinity trends in different seasons of the year (in autumn and spring) are studied. The water hardness values range from 3.4 to 9.89 mg-eq/L in autumn, from 3.25 to 9.8 mg-eq/L in spring. Moderately hard and hard water amounts to 92.9% of the total number of samples, which indicates the need for water softening. The values of water alkalinity range from 0.6 to 5.6 mg-eq/L in spring, from 0.8 to 5.7 mg-eq/L in autumn. In all samples, water alkalinity lies within the MAC limits. Graphic comparison of the analysis results is carried out. A dependence between the values of water hardness, obtained in autumn and spring, is observed: hardness of most water samples in autumn is somewhat greater than that in spring. A dependence between the values of water alkalinity, obtained in autumn and spring, is observed: alkalinity of most water samples in autumn is somewhat lower than that in spring. Methods for hardness and alkalinity removal are briefly described.

**Keywords:** water hardness, alkalinity, titrimetric analysis.

чества по цветности, мутности, температуре, пенности воды, значения химических показателей по жесткости, щелочности, минерализации, содержанию ионов и ряд бактериологических показателей (бактериальная загрязненность) [3, 14, 18].

Жесткость воды обусловлена присутствием растворимых соединений кальция и магния, которые при соответствующих температурах могут превращаться в нерастворимые. В воде родников и колодцев всегда присутствуют соли щелочно-земельных металлов в той или иной степени. Их источники — отложения в почве известняков, доломитов, гипса. Жесткость воды в природе

подвержена изменениям в течение года. Возможность применения воды с той или иной степенью жесткости для питья может значительно колебаться в зависимости от местных условий [4].

Жесткая вода совершенно неприменима для технических целей из-за своей высокой способности к образованию накипи и шламов. Однако нет достоверных сведений о неприменимости жесткой воды для употребления в пищу [12]. Не установлено каких-либо отрицательных последствий для здоровья человека, использующего для питья воду средней жесткости. Напротив, считается, что употребление умягченной воды, тем более дистиллированной, может приводить к вымыванию из костной ткани необходимых организму солей кальция.

Щелочность воды обусловлена способностью содержащихся в ней анионов связывать эквивалентное количество сильной кислоты. Щелочность подземных и поверхностных природных вод определяется в основном наличием в ней гидрокарбонатов магния и кальция (бикарбонатная щелочность).

Уровень щелочности определяется по количеству кислоты, которая необходима для ее снижения. Регулирование щелочности воды требуется при эксплуатации отопительных систем. Прежде чем применять щелочную воду следует иметь в виду, что повышение щелочности тела не всегда имеет благоприятные последствия. Например, люди с почечной недостаточностью, употребляющие воду с высокой щелочностью, подвергаются риску формирования и отложения камней в почках и мочевом пузыре. Употребление большого количества щелочной воды нарушает нормальный уровень pH организма, что может привести к метаболическому алкалозу (спутанность сознания, тошнота, рвота, дрожание конечностей, подергивание мышц).

Для эффективного снижения щелочности воды используются специальные установки, которые снижают содержание бикарбонатов и делают воду более мягкой. В основном такие установки используются для водоподготовки централизованных систем горячего и холодного водоснабжения, для снижения щелочности котловой воды и для производства качественной воды для пищевых, фармацевтических и других производств.

Водоочистные установки, с помощью которых осуществляется снижение щелочности воды, обеспечивают две стадии обработки — предварительную очистку методом коагуляции и окончательную обработку ионами. Результат такой обработки — существенное снижение жесткости и щелочности, практически полное удаление взвешенных частиц, снижение концентрации органических соединений.

Цель исследования: проанализировать качество питьевой воды на территории города и близлежащих районов, изучить тенденции изменения жесткости и щелочности в разные сезоны года.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить методики исследования качественных характеристик питьевой воды.

2. Провести анализ проб питьевой воды, отобранных в разные сезоны года (осенью и весной). Представляется целесообразным исследовать такие показатели качества воды, как жесткость и щелочность в рамках комплексного изучения состава природных вод [7, 16].

3. Сравнить результаты, полученные осенью и весной и сделать соответствующие выводы.

4. Кратко охарактеризовать методы удаления жесткости и щелочности, выбрать методы повышения качества питьевой воды согласно результатам исследования.

Предметом исследования являются показатели качества и свойства питьевой воды. Исследования по изучению качества питьевой воды проводились в лабораторных условиях химическими методами на определение жесткости и щелочности.

Объекты исследования выбраны таким образом, чтобы осуществить наибольший обхват территории, изучить и проанализировать выбранные показатели качества в различающихся образцах из разных источников водоснабжения. Также может представлять интерес дальнейшее выявление корреляций между составом воды и характером почвы и подстилающих пород, а также уровнем антропогенного давления. К питьевой воде может быть отнесена не только водопроводная вода, поэтому в качестве сравнения были проанализированы пробы из родников и колодцев.

## Методы анализа

**Определение жесткости воды.** Для определения жесткости воды использовался титриметрический метод [9].

Пробу анализируемой воды фильтруем, отбираем 100 мл в коническую колбу, добавляем буферный раствор (5 мл), сухую смесь индикатора хромоген черного с сухим хлористым натрием (0,1 г). Пробу необходимо сразу после добавления реактивов титровать раствором трилона Б (0,05 н), при этом интенсивно перемешивая. Розоватая окраска раствора в эквивалентной точке изменяется на синюю с зеленоватым оттенком. Погрешность результатов титрования пробы объемом 100 мл может достигать 0,05 мг-экв./л.

Общая жесткость воды  $X$  (мг-экв./л) рассчитывается по формуле

$$X = \frac{v \cdot 0,05 \cdot K \cdot 1000}{V}, \quad (1)$$

где  $v$  — объем раствора трилона Б, пошедший на титрование (мл);

$K$  — поправочный коэффициент к нормальности раствора трилона Б;

$V$  — объем воды, отобранный для анализа (мл).

Согласно методике, степень расхождения при анализе одной пробы не должна превышать двух относительных процентов.

**Определение щелочности воды.** Для определения щелочности воды также использовался титриметрический метод [10].

Пробу анализируемой воды фильтруем, отбираем 100 мл в коническую колбу, добавляем фенолфталеин (3 мл), сразу титруем раствором соляной кислоты (0,1 н) до тех пор, пока красноватая окраска раствора не исчезнет. Прибавляем в раствор метилоранж (2 капли) и продолжаем титрование до перехода желтого окрашивания раствора в оранжевый.

Если проба воды после добавления фенолфталеина не окрашивается, необходимо добавить метилоранж и титровать до перехода желтого окрашивания в оранжевый. Щелочность воды  $Щ$  рассчитывается по формуле

$$Щ = \frac{Y \cdot K \cdot N \cdot 1000}{V}, \quad (2)$$

где  $Y$  — объем кислоты, пошедший на титрование (мл);  $N$  — нормальность кислоты,  $V$  — объем воды, отобранный для анализа (мл),  $K$  — попра-

вочный коэффициент к нормальности раствора соляной кислоты.

## Результаты анализа качества питьевой воды и их обсуждение

Пробы воды отбирались согласно стандартной методике [11]. Жесткость и щелочность проб исследовалась титриметрическим методом по указанному выше методикам. Для проведения анализа было использовано 14 проб питьевой воды.

### 1. Результаты анализа жесткости и щелочности питьевой воды осенью

Рассчитываем общую жесткость воды по формуле (1) и щелочность воды по формуле (2), используя усредненные результаты трех последовательных титрований каждой пробы воды. Результаты расчетов жесткости и щелочности воды осенью представлены на диаграммах на рис. 1 и 2 соответственно.

Для оценки результатов анализа необходимо провести сравнение с разделением воды на группы по степени жесткости: воду со значением  $X$  до 1,5 мг-экв./л относят к очень мягкой, со значением от 1,5 до 4 мг-экв./л — к мягкой, от 4 до

Таблица 1

Усредненные результаты титрования при определении жесткости и щелочности воды осенью

Номер пробы	Средний объем титранта при определении	
	жесткости, мл	щелочности, мл
1. Дзержинского	17,3	4,7
2. Нижегородская	16,8	4,5
3. Ленинградская (водопровод)	14,3	5,4
4. Ленинградская (родник)	13,1	3,2
5. Гоголева	18,1	4,5
6. Филатова	19,8	5,1
7. Орловская	17,8	4,2
8. КРШ	17,3	5,2
9. Приокская (скважина)	14,2	5,6
10. Приокская (колодец)	13,8	4,7
11. Хольково	9,1	3
12. Ляхи (родник)	6,8	0,6
13. Дмитриевы горы (родник)	15,5	2,5
14. Кондаково	12,8	4,1

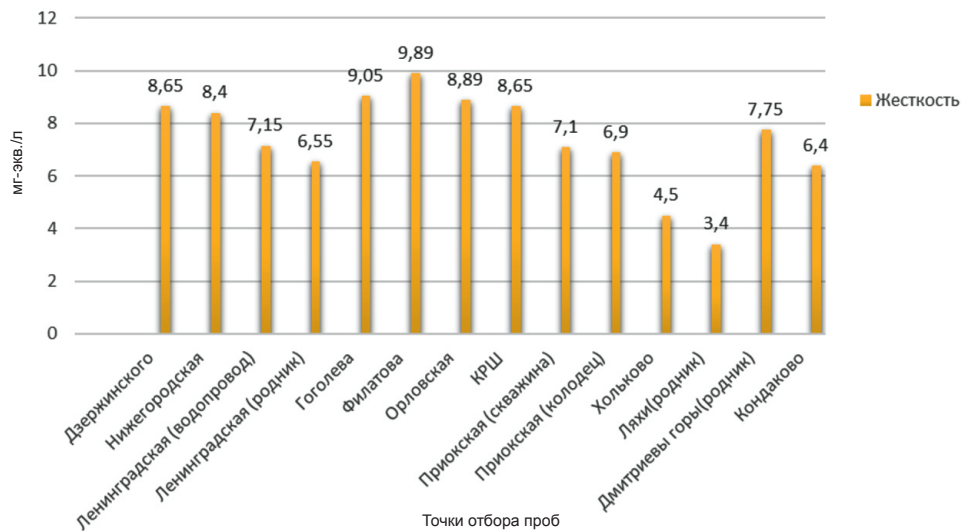


Рис. 1. Результаты анализа жесткости питьевой воды осенью

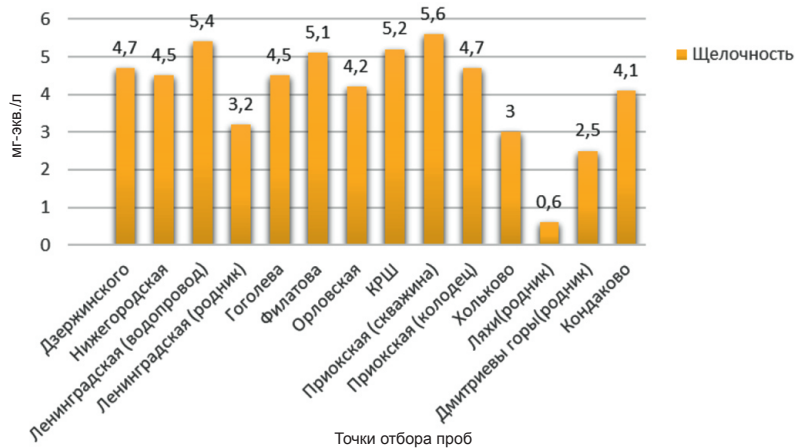


Рис. 2. Результаты анализа щелочности питьевой воды осенью

8 мг-экв./л — к средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв./л — к жесткой, больше 12 мг-экв./л — к очень жесткой. Согласно [14], показатель жесткости не должен превышать 7 мг-экв./л.

Результаты исследования: воду в пробе № 12 относим к мягкой, в пробах № 3, 4, 9, 10, 11, 13 и 14 — к воде средней жесткости, а в остальных пробах вода жесткая. Мягкая вода составляет 7,1 % от общего числа проб, вода средней жесткости — 50 %, жесткая — 42,9 %. Значения жесткости воды колеблются в пределах от 3,4 до 9,89 мг-экв./л, следовательно, можно сделать вывод о необходимости умягчения воды.

Согласно [3] щелочность питьевой воды не должна превышать 6,5 мг-экв./л. Значения щелочности воды колеблются в пределах от 0,6 до

5,6 мг-экв./л, следовательно, все проанализированные пробы соответствуют норме ПДК по значению щелочности. Значения щелочности в пробах 3, 6, 8, 9 достаточно высоки (более 5 мг-экв./л), что составляет 28,6 % от общего количества проб.

## 2. Результаты анализа жесткости и щелочности питьевой воды весной

Расчет общей жесткости воды ведем по формуле (1), щелочности — по формуле (2). Результаты расчетов жесткости и щелочности воды весной представлены на диаграммах на рис. 3 и 4 соответственно.

При проведении анализа воды на жесткость весной было получено следующее: в пробах № 1, 2, 5, 6, 8 — жесткая вода, в № 3, 4, 7, 9, 10, 11, 13,

Таблица 2  
Усредненные результаты титрования при определении жесткости и щелочности воды весной

Номер пробы	Средний объем титранта при определении	
	жесткости, мл	щелочности, мл
1. Дзержинского	16,5	4,8
2. Нижегородская	16,5	5
3. Ленинградская (водопровод)	13,7	5,5
4. Ленинградская (родник)	12,8	3,6
5. Гоголева	18,5	4,5
6. Филатова	19,6	5
7. Орловская	15,5	5,7
8. КРШ	18,9	5
9. Приокская (скважина)	13,5	5,6
10. Приокская (колодец)	8,1	3,5
11. Хольково	9,3	2,8
12. Ляхи (родник)	6,5	0,8
13. Дмитриевы горы (родник)	13,3	2,6
14. Кондаково	13	4,3

14 — вода средней жесткости, а в пробе № 12 — мягкая. Значения жесткости воды колеблются в пределах от 3,25 до 9,8 мг-экв./л. Мягкая вода составляет 7,1 % от общего числа проб, вода средней жесткости — 57,2 %, жесткая — 35,7 %.

Щелочность проб воды имеет значения от 0,8 до 5,7 мг-экв./л. Пробы, в которых щелочность равна 5 мг-экв./л и более, составляют 42,85 %.

По полученным при проведении анализа результатам можно сделать вывод: все проанализированные пробы соответствуют норме ПДК по значению щелочности.

### Сравнение результатов, полученных осенью и весной и их обсуждение

Проведем сравнение результатов, полученных в разное время года, чтобы выявить разницу расхода.

#### Сезонные изменения жесткости воды

Колебания жесткости проб воды осенью составляют от 3,4 до 9,89 мг-экв./л, весной от 3,25 до 9,8 мг-экв./л. В результате исследования было обнаружено, что разница между значениями жесткости воды осенью и весной составляет:

В пробах 2, 4, 11, 12, 14 — 0,1–0,15 мг-экв./л;

В пробах 1, 3, 5, 9 — 0,2–0,5 мг-экв./л.

Значительная разница значений обнаружена в пробах 7, 8, 10, 13 и составляет от 1 до 3 мг-экв./л. Это может быть вызвано особенностями географического расположения точек отбора пробы.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что между значениями жесткости воды, определенными осенью и весной, наблюдается зависимость: жесткость большинства проб воды осенью несколько больше, чем весной. Вероятно, интенсивное таяние снега, представляющего собой мягкую воду, способствует разбавлению природных вод и в целом уменьшению жесткости.

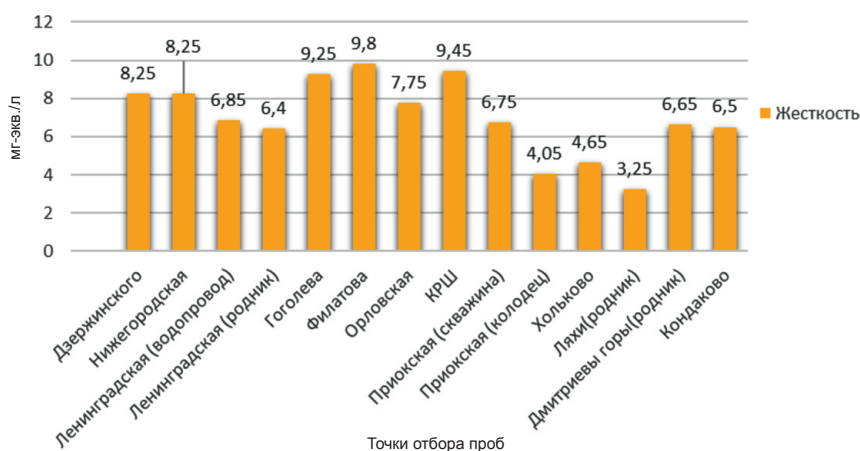


Рис. 3. Результаты анализа жесткости питьевой воды весной

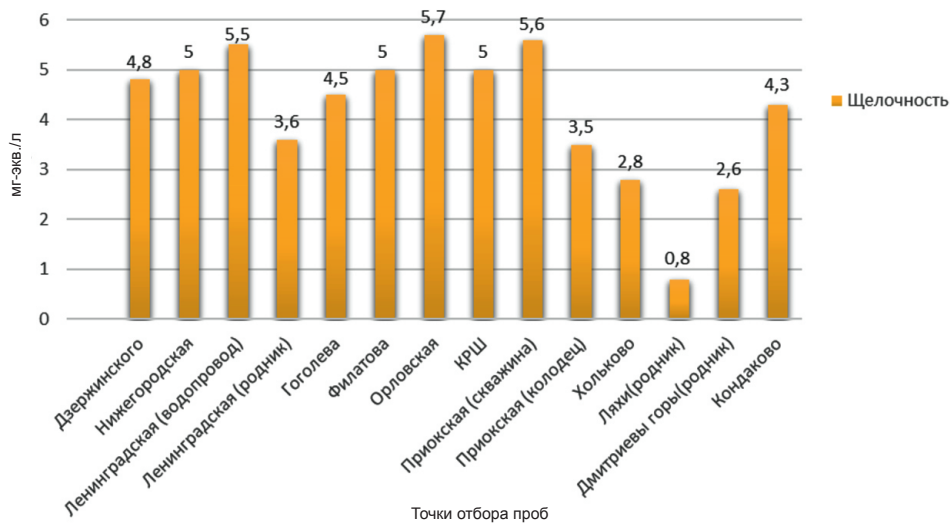


Рис. 4. Результаты анализа щелочности питьевой воды весной

### Сезонные изменения щелочности воды

При проведении исследования было получено, что разница между значениями щелочности воды осенью и весной составляет: в пробах 1, 3, 6, 13 — 0,1–0,15 мг-экв./л; в пробах 2, 4, 8, 11, 12, 14 — 0,2–0,5 мг-экв./л; в пробах 5, 9 разницы не наблюдается. Значительная разница значений обнаружена в пробах 7, 10 и составляет от 1 до 1,5 мг-экв./л.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что между значениями щелочности воды, определенными осенью и весной, наблюдается зависимость: значения щелочности большинства проб воды осенью несколько

ниже, чем весной. Это может быть вызвано тем, что весной идет интенсивное таяние снега, наступает период половодья и паводков. Вещества, содержащиеся в почве и подстилающих породах, активно растворяются и попадают в воду, их концентрация увеличивается.

### Сравнение результатов анализа жесткости и щелочности осенью

Щелочность и жесткость являются взаимосвязанными показателями, поскольку жесткость обусловлена наличием в воде ионов кальция и магния, а щелочность — наличием соответствующих анионов. Поэтому можно провести сравнительный анализ результатов определения этих

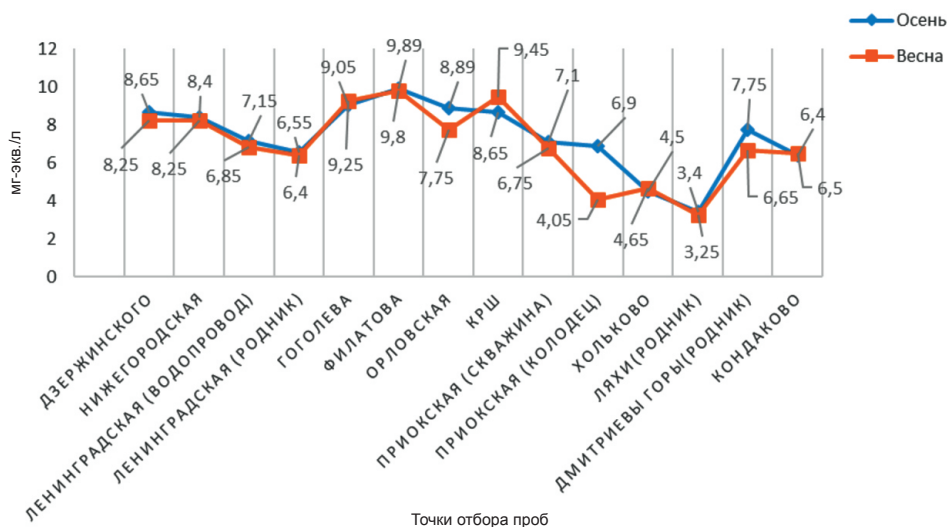


Рис. 5. Сравнение результатов анализа жесткости воды, полученных осенью и весной

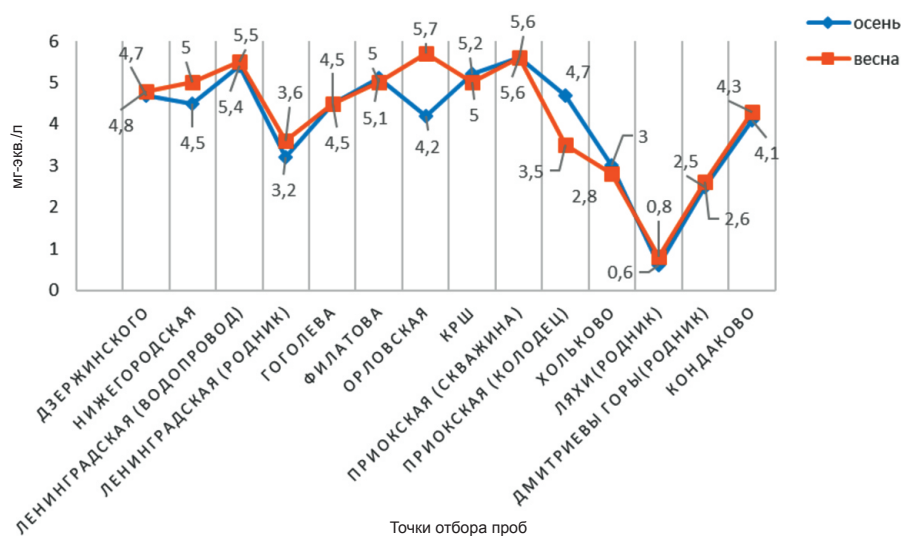


Рис. 6. Сравнение результатов анализа щелочности воды, полученных осенью и весной

параметров качества воды. Сравнительные диаграммы представлены на рис. 7 и 8.

Осенью пределы колебания жесткости питьевой воды составляют 3,4–9,89 мг-экв./л, пределы колебания щелочности питьевой воды составляют 0,6–5,6 мг-экв./л. В большинстве проб воды, попадающих в категорию средней жесткости, значения щелочности достаточно высокие. В пробах 4, 12, 13, взятых из родников, наблюдается значительная разница между этими величинами.

#### Сравнение результатов анализа жесткости и щелочности весной

Весной пределы колебания жесткости питьевой воды составляют 3,25–9,45 мг-экв./л, пределы колебания щелочности питьевой воды составляют 0,8–5,7 мг-экв./л. Наблюдается зависимость, аналогичная выявленной при анализе этих показателей, проведенном осенью.

Таким образом, общие результаты анализа воды следующие:

1. Все проанализированные пробы соответствуют норме ПДК по значению щелочности.

2. Жесткость большинства проб воды превышает значения, установленные для бытового и технического использования. Следовательно, перед использованием необходимо умягчать воду, используя различные методы.

В настоящее время для умягчения воды используются самые разнообразные химические и физические методы: обработка химическими реагентами, кипячение, обратный осмос, маг-

нитное и электромагнитное воздействие, ионообменные смолы [13, 15]. Несомненным лидером являются ионообменные умягчители воды, которые могут быть использованы как в бытовых, так и в промышленных условиях. Современные фильтры для ионной водоподготовки просты в эксплуатации, эффективны, значительно снижают уровень концентрации солей жесткости.

Для повышения качества питьевой воды возможна замена тупиковых водопроводных сетей на кольцевые, ответвления которых между собой соединены и образуют замкнутый контур — кольцо. Применение кольцевой сети водоснабжения возможно в населённых пунктах, которые имеют форму квадрата или прямоугольника. При использовании кольцевания каждый участок получает питание от двух или нескольких линий, что значительно повышает надёжность работы сети и качество подаваемой воды.

3. По сезонам года наблюдаются колебания значений жесткости и щелочности: жесткость 71,4 % проб осенью выше чем весной, щелочность 78,5 % проб осенью ниже чем весной.

#### Заключение

1. Анализ результатов проведенных исследований щелочности питьевой воды в разные сезоны года показывает, что уровень щелочности в рассмотренных источниках питьевого водоснабжения соответствуют норме ПДК как весной, так и осенью. Следовательно, не требуется применения дополнительных технологий об-

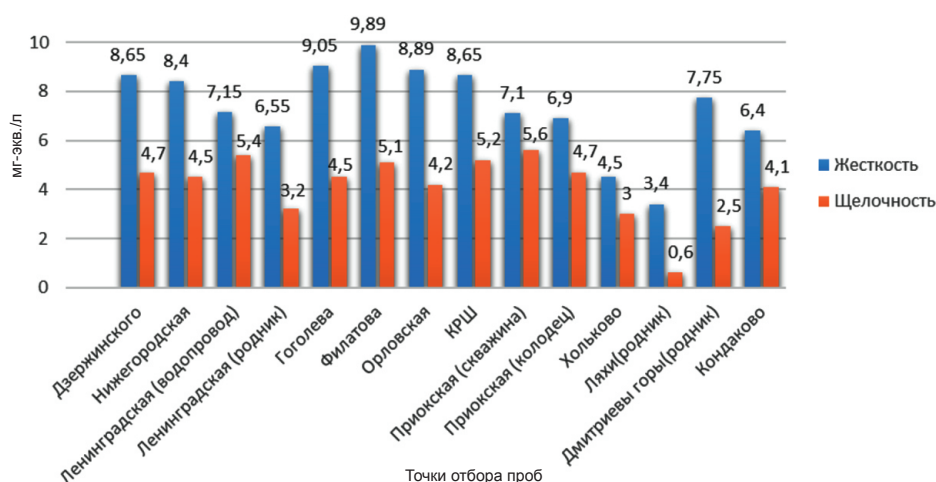


Рис. 7. Сравнительная диаграмма анализа жесткости и щелочности осенью

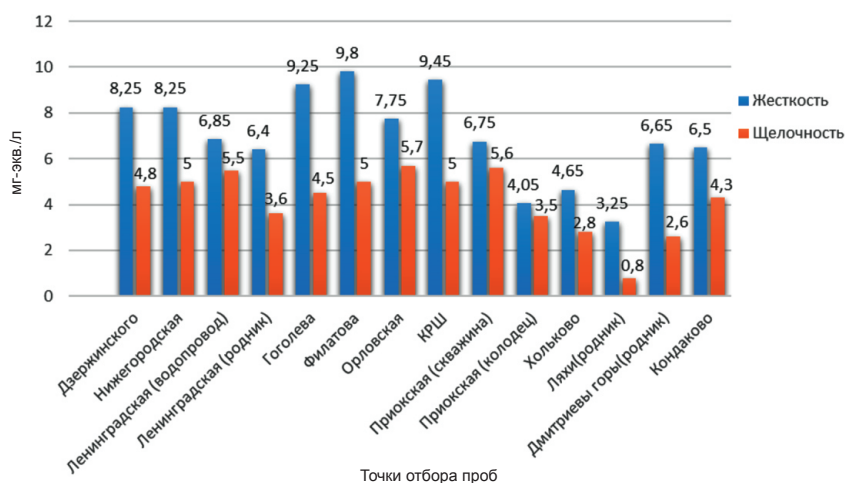


Рис. 8. Сравнительная диаграмма анализа жесткости и щелочности весной

работки воды перед подачей потребителю и использования для питья и бытовых нужд.

2. Анализ результатов проведенных исследований жесткости питьевой воды в разные сезоны года показывает, что показатели жесткости для отдельных рассмотренных объектов превышают нормативные значения. Следовательно, для повышения качества воды требуется применение технологий умягчения.

3. Дальнейшие исследования предполагают рассмотрение целесообразности применения технологий умягчения воды объектов, для которых величина жесткости превышает предельные значения, и выбор оптимальных методов умягчения воды.

#### Литература

- Быстрых, В. В. (2001). Гигиеническая оценка влияния питьевой воды на здоровье населения. Гигиена и санитария, № 2, сс. 20–22.
- Воробьева, Л. В., Семенова, В. В., Селюжицкий, Г. В. и Бокина, Л. И. (2001). Региональные проблемы экологической безопасности условий питьевого водоснабжения. Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии имени И. И. Мечникова, № 1, сс. 56–61.
- Главный государственный санитарный врач Российской Федерации (2011). СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М.: Минздрав России, 54 с.
- Грейсер, Е. Л. и Иванова, Н. Г. (2005). Пресные подземные воды: состояние и перспективы водоснабжения

населенных пунктов и промышленных объектов. Разведка и охрана недр, № 5, сс. 36–42.

5. Джамалов, Р. Г., Никаноров, А. М., Решетняк, О. С. и Сафронова, Т. И. (2017). Воды бассейна Оки: химический состав и источники загрязнения. Вода и экология: проблемы и решения, № 3, сс. 114–132.

6. Ермолаева, В. А. (2011). Исследование возможности повышения эффективности функционирования станции обезжелезивания питьевой воды. Безопасность жизнедеятельности, № 11 (131), сс. 24–30.

7. Зубрилов, С. П. (2018). Микрозагрязнители в питьевой воде городов. Вода и экология: проблемы и решения, № 3, сс. 9–18. doi: 10.23968/2305–3488.2018.20.3.9–18.

8. Красовский, Г. Н., Рахманин, Ю. А., Егорова, Н. А., Мальшева, А. Г. и Михайлова, Р. И. (2010). Гигиенические основы формирования перечней показателей для оценки и контроля безопасности питьевой воды. Гигиена и санитария, № 4, сс. 8–12.

9. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2014). ГОСТ 31954–2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. М.: Стандартинформ, 18 с.

10. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2014). ГОСТ 31957–2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. М.: Стандартинформ, 30 с.

11. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2015). ГОСТ 31861–2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 35 с.

12. Рахманин, Ю. А. и Доронина, О. Д. (2010). Стратегические подходы управления рисками для снижения уязвимости человека вследствие изменения водного фактора. Гигиена и санитария, № 2, сс. 8–13.

13. Рябчиков, Б. Е. (2004). Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М.: ДеЛи принт, 328 с.

14. Технический комитет по стандартизации (2015). ГОСТ Р 51232–98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. М.: Госстандарт России, 21 с.

15. Brazovskiy, I. I., Katibnikova, G. I., Salnikova, I. A., Samoilenko, V. V. (2005). Study of the efficiency of a new reagent composition hydro-phos to decrease water hardness and scale formation. Chemistry for Sustainable Development, No. 5, pp. 599–602.

16. Dvurechenskaya, S. Ya. (2012). Analysis of consequences of contribution from major sources of chemical matter in water of the Novosibirsk Reservoir. Contemporary Problems of Ecology, vol. 5, issue 4, pp. 347–351.

17. Gorbacheva, T. T., Mazukhina, S. I. and Cherepanova, T. A. (2017). Physicochemical modelling of element speciation as an addition to a biotesting method of melted snow water. Chemistry for Sustainable Development, No. 2, pp. 161–168.

18. Trusey, I. V., Gurevich, Yu. L., Ladygin, V. P., Lankin, Yu. P. and Fadeev, S. V. (2017). Analysis of the content of nitrate and ammonium ions at bioremediation of ground water polluted by oil products. Chemistry for Sustainable Development, No. 2, pp. 199–205.

## References

1. Bystrykh, V. V. (2001). Gигиеническая оценка влияния питьевой воды на здоровье населения [Hygienic assessment of the impact of drinking water on public health]. *Hygiene and Sanitation*, No. 2, pp. 20–22. (in Russian).

2. Vorobyeva, L. V., Semenova, V. V., Selyuzhitsky, G. V. and Bokina, L. I. (2001). Regionalnye problemy ekologigigienicheskoy bezopasnosti usloviy pitevogo vodosnabzheniya [Regional problems of environmental and hygienic safety of drinking water supply conditions]. *Vestnik Sankt-Peterburgskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii imeni I. I. Mechnikova*, No. 1, pp. 56–61 (in Russian).

3. Chief Public Health Officer of the Russian Federation (2011). *SanPiN 2.1.4.1074–01. Pitevaya voda. Gигиениcheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pitevogo vodosnabzheniya. Kontrol kachestva. Gигиениcheskiye trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti sistem goryachego vodosnabzheniya [Sanitary Regulations SanPiN 2.1.4.1175–02. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for safety of hot-water supply systems]*. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation, 54 p. (in Russian).

4. Greysen, E. L. and Ivanova, N. G. (2005). Presnye podzemnyye vody: sostoyanie i perspektivy vodosnabzheniya naseleennykh punktov i promyshlennykh ob'yektov [Fresh groundwater: state and prospects of water supply to populated areas and industrial facilities]. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, No. 5, pp. 36–42 (in Russian).

5. Dzhamalov, R. G., Nikanorov, A. M., Reshetnyak, O. S. and Safronova, T. I. (2017). Vody basseyna Oki: khimichesky sostav i istochniki zagryazneniya [The water of the Oka River basin: chemical composition and sources of pollution]. *Water and Ecology*, No. 3, pp. 114–132 (in Russian).

6. Ermolaeva, V. A. (2011). Issledovaniye vozmozhnosti povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya stantsii obezhelezivaniya pitevoj vody [Research of an opportunity of increase of efficiency of functioning of station of removal of connections of iron in potable water]. *Bezopasnost' Zhiznedatel'nosti*, No. 11 (131), pp. 24–30 (in Russian).

7. Zubrilov, S. P. (2018). Mikrozagryazniteli v pitevoj vode gorodov [Micropollutants in city's drinking water supply]. *Water and Ecology*, No. 3, pp. 9–18. doi: 10.23968/2305–3488.2018.20.3.9–18 (in Russian).

8. Krasovskiy, G. N., Rakhmanin, Yu. A., Egorova, N. A., Malysheva, A. G. and Mikhailova, R. I. (2010). Gигиениcheskiye osnovy formirovaniya perechney pokazateley dlya otsenki i kontrolya bezopasnosti pitevoj vody [Hygienic bases for listing indicators for evaluation and control of the safety of drinking water]. *Hygiene and Sanitation*, No. 4, pp. 8–12 (in Russian).

9. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (2014). *GOST 31954–2012. Voda pitevaya. Metody opredeleniya zhestkosti [State Standard GOST 31954–2012. Drinking water. Methods of hardness determination]*. Moscow: Standartinform, 18 p. (in Russian).

10. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (2014). *GOST 31957–2012. Voda. Metody opredeleniya shchelochnosti i massovoy kontsentratsii karbonatov i gidrokarbonatov [State Standard GOST 31957–2012. Water. Methods for determination of alkalinity and mass*

concentration of carbonates and hydrocarbonates]. Moscow: Standartinform, 30 p. (in Russian).

11. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (2015). *GOST 31861–2012. Voda. Obshchiye trebovaniya k otboru prob [State Standard GOST 31861–2012. Water. General requirements for sampling]*. Moscow: Standartinform, 35 p. (in Russian).

12. Rahmanin, Yu. A. and Doronina, O. D. (2010). Strategicheskiye podkhody upravleniya riskami dlya snizheniya uyazvimosti cheloveka vsledstviye izmeneniya vodnogo faktora [Strategic approaches to risk management to reduce human vulnerability due to water factor changes]. *Hygiene and Sanitation*, No. 2, pp. 8–13 (in Russian).

13. Ryabchikov, B. E. (2004). *Sovremennyye metody podgotovki vody dlya promyshlennogo i bytovogo ispolzovaniya [Modern methods of water treatment for industrial and domestic use]*. Moscow: DeLi print, 328 p. (in Russian).

14. Technical Committee for Standardization (2015). *GOST R 51232–98 Voda pitevaya. Obshchiye trebovaniya k organizatsii i metodam kontrolya kachestva [State Standard GOST R 51232–98. Drinking water. General requirements for organization and quality control methods]*. Moscow: Gosstandart Rossii, 21 p. (in Russian).

15. Brazovskiy, I. I., Katibnikova, G. I., Salnikova, I. A., Samoilenko, V. V. (2005). Study of the efficiency of a new reagent composition hydro-phos to decrease water hardness and scale formation. *Chemistry for Sustainable Development*, No. 5, pp. 599–602.

16. Dvurechenskaya, S. Ya. (2012). Analysis of consequences of contribution from major sources of chemical matter in water of Novosibirsk Reservoir. *Contemporary Problems of Ecology*, vol. 5, issue 4, pp. 347–351.

17. Gorbacheva, T. T., Mazukhina, S. I. and Cherepanova, T. A. (2017). Physicochemical modelling of element speciation as an addition to a biotesting method of melted snow water. *Chemistry for Sustainable Development*, No. 2, pp. 161–168.

18. Trusey, I. V., Gurevich, Yu. L., Ladygin, V. P., Lankin, Yu. P. and Fadeev, S. V. (2017). Analysis of the content of nitrate and ammonium ions at bioremediation of ground water polluted by oil products. *Chemistry for Sustainable Development*, No. 2, pp. 199–205.

**Автор**

**Ермолаева Вера Анатольевна**, канд. хим. наук, доцент  
Владимирский Государственный университет, Муром-  
ский институт, г. Муром, Россия  
E-mail: ErmolaevaVA2013@mail.ru

**Author**

**Ermolaeva Vera Anatolievna**, Ph. D. in Chemistry,  
Associate Professor  
Vladimir State University, Murom Institute, Murom, Russia  
E-mail: ErmolaevaVA2013@mail.ru