

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Теоретическая часть	5
1.1. Характеристика понятия «жесткость воды»	5
1.2. Влияние «жесткой воды» на живые организмы и механизмы	7
1.3. Методики определения жесткости воды	9
2. Практическая часть	12
2.1. Пробоподготовка и подготовка реактивов и оборудования	12
2.2. Основные этапы химического эксперимента	13
2.3. Расчеты и результаты анализа проб воды р.п. Крутинка	14
Заключение и выводы	17
Информационные источники	19
Приложения	

Введение

В настоящее время одной из актуальной экологической проблемой является качество пресной воды, в том числе и питьевой. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила текущее десятилетие десятилетием питьевой воды. По данным ВОЗ, около 80% всех инфекционных болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических норм водоснабжения. В мире 2 млрд. человек имеют хронические заболевания в связи с использованием загрязненной воды. Проблема контроля качества питьевой воды является серьезной проблемой, что определяет *актуальность* работы.

Оценивая воду на содержание минеральных солей, отдельно выделяют концентрацию в ней солей кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), говоря о степени жесткости воды. Мыло в жесткой воде не мылится, овощи плохо развариваются, а при использовании такой воды в паровых котлах образуется накипь, которая снижает эффективность их работы и может привести к взрыву. Однако для жизнедеятельности человеческого организма кальций и магний необходимы, так как играют важную роль в процессах формирования костей, свертываемости крови, сокращения сердечной мышцы, передачи нервных импульсов. Установлено, что в местностях с пониженным содержанием кальция в питьевой воде сердечные заболевания более распространены. В то же время употребление жесткой воды увеличивает опасность мочекаменной болезни, неблагоприятно влияет на состояние сосудов. Избыток ионов Ca^{2+} в организме приводит к отложению солей в шейном, грудном, поясничном отделах позвоночника, суставах конечностей. Содержанием солей кальция и магния в питьевой воде определяется, согласно нормам ГОСТ [6].

Очень часто именно в сёлах и деревнях качество воды не соответствует нормативам. Поэтому **гипотеза нашего исследования:** мы полагаем, что водопроводная вода в р.п. Крутинка жёсткая, и не соответствует нормам СанПиН

Цель: исследовать жесткость питьевой воды р.п. Крутинка комплексонометрическим методом

Задачи:

1. Изучить понятие жесткость, её влияние на живые организмы и механизмы, виды жёсткости, единицы измерения жесткости, а также нормативные документы, определяющие требования к питьевой воде по этому показателю.
2. Провести отбор проб водопроводной воды в разных частях р.п. Крутинка и определить жёсткость комплексонометрическим методом.
3. Определить минерализацию водопроводной воды р.п. Крутинка и сделать выводы о качестве исследуемой воды и возможностях применения этой методики в быту.

Объект исследования: водопроводная вода р.п. Крутинка

Предмет исследования: жѐсткость воды.

Методы исследования: Теоретические (анализ литературы,
обобщение, систематизация данных) и практические
(комплексометрическое титрование)

1. Теоретическая часть

1.1. Характеристика понятия «жёсткость воды»

Жёсткость – свойство воды, обусловленное наличием в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} [2],[5]. Считается, что понятие «жесткая вода» исторически закрепилось за той водой, после стирки белья в которой, ткани вещей становились жёсткими на ощупь. Напротив, если после стирки бельё было мягким на ощупь, то говорили, что такая вода «мягкая».

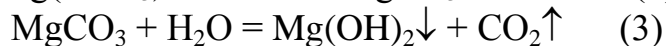
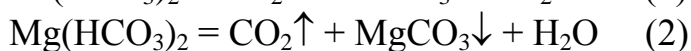
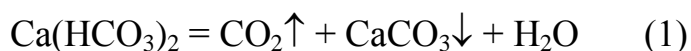
Жёсткость воды является одним из показателей качества питьевой воды. Существуют нормативы СанПиН по жесткости [1], [2] по которым можно оценить безопасность потребления для различных нужд человека.

Жёсткость – это свойство воды, которое определяет ее потребительские качества и имеет важное хозяйственное значение. Присутствие примесей различных солей у поверхностных вод всегда заметно ниже, чем у подземных. Жёсткость воды в природных источниках постоянно изменяется. Максимальных отметок она достигает зимой, а минимальных – весной, во время таяния снегов. Например, жидкость с высоким содержанием магниевых солей имеет выраженный горький вкус [8], [9].

По концентрации химических веществ [10] выделяются следующие виды жесткости:

1. *Общая жёсткость* – определяется как суммарная концентрация ионов магния и кальция. Сумма карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Общая жёсткость измеряется в ГН. ГН показывает суммарное содержание щелочноземельных металлов в виде ионов. Для примера – в воде, значение ГН которой близкое к нулю, аквариумные рыбки не живут, употреблять ее в пищевых целях также не рекомендуется. [8].

2. *Карбонатная жёсткость (временная, устранимая)* – зависит от наличия в воде (при $\text{pH} > 8.3$) карбонатов, гидрокарбонатов кальция и магния ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 , MgCO_3). Гидрокарбонаты кальция и магния при длительном кипячении воды разлагаются с выделением диоксида углерода и выпадающих в осадок карбонатов кальция и магния (при дальнейшем кипячении карбонат магния гидролизует с образованием гидроксида); жесткость воды при этом уменьшается [8], [9] [12]:



3. *Некарбонатная жёсткость (постоянная)* – обусловлена присутствием магниевых и кальциевых кислотных солей других неорганических кислот: соляной, серной, азотной (CaCl_2 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и др.). При кипячении не устраняется (то есть является постоянной) [8].

Типы жесткой воды. По степени жесткости (в градусах) вода бывает:

Мягкой (от 0 до 2 градусов). Она распространена в местности с большим количеством болот и торфяников. К этой категории также относится чистая талая вода

Средней (от 2 до 7 градусов). Такой тип жидкости распространен практически в любой местности. Как правило, колодец или скважина обеспечивают частные домовладения водой средней жёсткости

Жёсткой (от 7,1 до 11 градусов). Встречается на территориях с избыточным количеством химических солей и загрязнителями. Оказывает негативное воздействие на человеческий организм

Сверхжёсткой (от 11 градусов). Природную воду жёсткой делает близкое расположение пещер и шахт, поэтому для питья она не используется [10].

Единицы измерения жёсткости воды в разных странах отличаются. Как правило, этот показатель измеряют в градусах, наиболее часто используют немецкие, французские и американские единицы.

В соответствии с ГОСТом 31865-2012 за единицу измерения жёсткости в России принят градус (°Ж), величина которого равна 1 мг-экв/л (в числовом выражении это соответствует концентрации Са или Mg, эквивалентной 1/2 ммоль на литр)[2], [9].

1.2. Влияние «жёсткой воды» на живые организмы и механизмы

Показатель жёсткости воды очень важен как показатель качества питьевой воды. По рекомендации всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) для питьевой воды установлены следующие нормы: кальций – 20-80 мг/л; магний – 10-30 мг/л. Для жесткости какой-либо рекомендуемой величины не предлагается.

Российские нормативные документы (СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.1315-03) для питьевой воды регламентируют: кальций – норматив не установлен; магний – не более 50 мг/л; жесткость - не более 7°Ж. Согласно СанПиНу 2.1.4.1074-01 безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по (п. 3.4.1.) обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (таблица 1)

Таблица 1

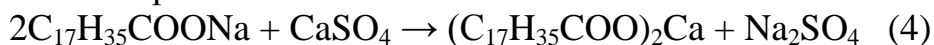
Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
1	2	3	4	5
Обобщенные показатели				
Водородный показатель	единицы рН	в пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)		
Жесткость общая	мг-экв./л	7,0 (10)		

Слишком жесткая или слишком мягкая вода может принести вред здоровью человека и так же многим бытовым приборам. Мягкая вода вымывает из организма кальций, что приводит к разрушению зубов и костей человека. Жесткая вода создает большую солевую нагрузку на

мочевыделительную систему (может появиться мочекаменная болезнь), ухудшается состояние кожи и волос [5].

Вред жесткой воды бытовой технике, проявляется в образовании накипи, которая обладает низкой теплопроводностью. Из-за этого нагревательные элементы приборов сгорают. Накипь представляет собой известковый налет, образующийся в результате взаимодействия катионов кальция и магния с гидрокарбонат ионами, присутствующими в воде (1), (2), (3). Стенки водопроводов зарастают известковыми отложениями, из-за этого в водопроводной системе снижается напор, поэтому трубы приходится заменять на новые.

Нужно отметить еще один факт использования воды с повышенной жесткостью – увеличивается расход моющих средств, стирального порошка, мыла. Это связано с тем, что они будут плохо вспениваться, из-за взаимодействия с солями кальция и магния, содержащихся в больших количествах в воде (4) и только после осаждения их избытка в виде осадка, пена начнет образовываться.



Следовательно, затраты семейного бюджета на бытовую химию будут значительными.

Также большая жесткость воды может изменить вкус блюд, приготовленных на ней. Чтобы избежать этих негативных моментов, нужно уметь устранять жесткость водопроводной воды [10]. Существует несколько *способов борьбы с жесткой водой* [10]:

1. Устранение жесткости воды кипячением. Самый простой и доступный метод термической обработки в домашних условиях. Но при этом способе обработки воды образуется известковый налет (1), от которого потом трудно избавиться [5], [8]. Такая вода приводит к ухудшению здоровья человека, нарушается работа желудочно-кишечного тракта. Эта вода не подходит для полива комнатных растений.

2. Заморозка является самым эффективным методом. В этом методе жидкость не меняет своей структуры, а смягчение воды происходит постепенно. Однако, сложность состоит в приготовлении большого объема воды и это является единственным его недостатком.

3. Снижение жесткости воды различными фильтрами. В наше время практически в каждом доме или квартире используют фильтры. Это самый распространенный способ смягчения воды. Это могут быть разные фильтры, например:

3.1 Фильтры кувшинного типа. Вода, очищенная таким фильтром, приобретает специфический вкус и самое главное – мягкость.

3.2 Ионообменные установки, которые представляют из себя две емкости, оснащенные фильтрами на основе ионообменных смол. Вода теряет свою жесткость из-за насыщения ее натрием, который вытесняет соли магния и кальция.

4. Системы обратного осмоса. Является самым эффективным способом смягчения воды. При таком фильтре вода полностью очищается от посторонних примесей, а отсюда следует, что вода становится мягкой.

Таким образом, жесткость является значимым показателем качества воды для человека. Среди разнообразия способов уменьшения жесткости воды, каждый может выбрать оптимальный для своей семьи, учитывая материальные возможности. [8], [10].

1.3. Методики определения жёсткости воды

Для оценки показателей жесткости воды используются следующие способы:

1. Комплексометрическое титрование трилоном Б. Метод сложный и самый точный.

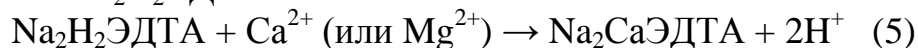
2. Покупные тесты. Не на 100% точные, зато простые и недорогие.

3. С помощью ионометра и ионоселективных электродов (TDS-метр или солемер).

4. С применением методики титрования соляной кислотой проб воды. Сложный и не очень точный метод. То же самое можно сказать о тестах с применением хозяйственного мыла [8].

Одним из методов определения общей жесткости воды является титрование воды раствором трилона Б в присутствии специальных индикаторов-хромогенов, чаще всего эриохрома черного. Титрование проводится в аммиачной среде при значении pH раствора в пределах 9-10.

Трилон Б (комплексон III) – это динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты $(\text{NaO}_2\text{CCH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2$, сокращенно – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{ЭДТА}$.



Хромоген образует с ионами магния и другими ионами относительно непрочные комплексные соединения, окрашенные в красно-фиолетовый цвет. При титровании трилоном Б содержащиеся в воде ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , а также ионы Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} реагируют с ним и образуют малодиссоциированные бесцветные прочные комплексные соединения. В конце титрования ионы магния, кальция и другие переходят от комплексного соединения с хромогеном к трилону Б, с образованием прочных бесцветных комплексов.

Поэтому в точке эквивалентности красно-фиолетовая окраска раствора исчезает. Однако раствор не обесцвечивается, а окрашивается в сине-фиолетовый цвет – цвет самого хромогена эриохрома черного при pH = 9-10 (аммиачный буфер). Это указывает на окончание титрования.

Так как трилон Б образует прочные комплексы со всеми катионами кальция и магния вне зависимости от характера аниона, то этим методом определяют именно общую жесткость воды [4], [11], [12].

Сегодня на просторах интернета можно встретить много информации об определении жесткости воды тест-методами, а также TDS-прибором, который иначе называют солемером. TDS расшифровывается и переводится

как TotalDissolvedSolids — общее содержание растворенных твердых веществ.

В основе работы измерительного устройства используется возможность воды проводить электрический ток. Прибор производит электроны, создающие в жидкости электрическое поле. Затем он фиксирует количество ионов солей и других веществ, поскольку именно они влияют на силу тока в жидкости. Все данные исследования отображаются на дисплее. Благодаря проведённым исследованиям вы за секунды получаете точные данные о составе воды и степени её насыщения солями. Чтобы понять, как трактовать результаты измерений, нужно знать, что прибор показывает количество молекул примесей в миллионе молекул воды (таблица 2). Таким образом, получается, что измерительное устройство подсчитывает число примесей в одном литре воды в миллиграммах[9],[13].

Таблица 2

Сравнение единиц жёсткости, принятой в США и России

Единица измерения, ppm	Единица измерения, °Ж	
0-50	0-1	Кристалльно чистая вода
50-100	1-2	Чистая вода
100-300	2-6	Обычная вода
301-600	6-12	Вода ощущается тяжелой , имеет специфический вкус
600-1000	12-20	Грязная вода , пить её уже совсем неприятно
более 1000	Более 20	Непригодная для употребления вода, пить нельзя

Таким образом, мы выяснили что собой представляет жёсткость воды, виды и типы воды по разным классификационным признакам, в чем она измеряется, какой вред наносит жёсткая вода, изучили нормативные документы, а также способы определения жёсткости, решили определять жёсткость комплексометрическим методом и при помощи TDS-метра (определим общее содержание солей в исследуемых образцах).

2. Практическая часть

2.1. Пробоподготовка и подготовка реактивов и оборудования

Отбор проб является важной частью анализа, необходимым условием правильности получаемых результатов. Для анализа нами были отобраны образцы в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [3], [4].

Пробы отбирали в прозрачные полиэтиленовые бутылки емкостью 1л, в день проведения исследования, для того чтобы срок хранения пробы воды составил менее 24 ч.

Таблица 3

Места отбора проб в р.п. Крутинка Омского района

№1	Ул. Делегатская
№2	Ул. Южная
№3	Ул. Кирова
№4	Ул. 30 лет Победы

Предварительно нами были взвешены все необходимые сыпучие вещества на электронных весах HL-200i (приложение , фото 1-4). Далее в соответствии с ГОСТ 31954-2012 нами были приготовлены растворы:

- *Раствор трилона Б* молярной концентрации 25 ммоль/дм³[4, п. 4.3.1], для этого высушенный трилон Б, отвесили 9,31 г и поместили в мерную колбу вместимостью 1000 см³, и растворили в теплой дистиллированной воде и после охлаждения раствора довели до метки дистиллированной водой.
- *Раствор ионов магния* молярной концентрации 25 ммоль/дм³. Раствор готовили из стандарт-титра (фиксанала) сульфата (сернокислого) магния в соответствии с инструкцией по его применению[4, п. 4.3.2]
- *Буферный раствор pH=(10±0,1)*. В мерную колбу вместимостью 500 см³ поместили 10 г хлорида аммония, добавили 100 см³ дистиллированной воды для его растворения и 50 см³ 25%-ного водного аммиака (приложение 2, фото 6,7), тщательно перемешали и довели до метки водой. Перед применением буферного раствора проверили его pH (значение 10,0) [4, п. 4.3.3].
- *Раствор индикатора*. В коническую колбу 100 см³ поместили 0,5 г индикатора хромовый темно-синий, добавили 20 см³ буферного раствора, тщательно перемешали и добавили 80 см³ этилового спирта[4, п. 4.3.4.1].

Отобранные пробы необходимо использовать в течении 24 часов и использовать для проведения опытов подготовленные реактивы.

2.2. Основные этапы химического эксперимента

Перед проведением опытов необходимо *установить коэффициент поправки к концентрации раствора трилона Б*. Установку поправочного коэффициента к концентрации раствора трилона Б, приготовленного из навески, проводили по раствору сульфата магния[4, п. 4.4].

В коническую колбу вместимостью 250 см³ внесли 10,0 см³ раствора ионов магния (2.2.2), добавили 90 см³ дистиллированной воды, 5 см³ буферного раствора (2.2.3), 6 капель раствора индикатора хромового темно-синего (2.2.4) и сразу титровали раствором трилона Б (2.2.1) до изменения окраски в эквивалентной точке от винно-красной (красно-фиолетовой) до синей (сине-фиолетовой).

Раствор трилона Б в начале титрования добавляли довольно быстро при постоянном перемешивании. Затем, когда цвет раствора начинал меняться, раствор трилона Б добавляли медленно. Эквивалентной точки достигают при изменении окрашивания, когда цвет раствора перестает меняться при добавлении капель раствора трилона Б (приложение 3).

За результат принимали среднеарифметическое значение результатов двух определений. Значение коэффициента поправки должно быть 1,00±0,03.

Коэффициент поправки Кк концентрации раствора трилона Б рассчитывают по формуле

$$K = 10/V(1)$$

где V - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, см³,
10 - объем раствора ионов магния, см³.

Результаты определений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Установление поправочного коэффициента

V ₁ трилон Б	V ₂ трилон Б	V _{ср.} трилон Б	K(1,00±0,03)
10,2	10,4	10,3	0,97

Так как установленный поправочный коэффициент к концентрации раствора трилона Б, находится в пределах допустимого интервала, можно приступать к исследованию проб воды р.п. Крутинка

Нами были выполнены по два определения, каждой пробы воды. Для этого в каждую из 2 колб вместимостью 250 см³ помещали аликвоту пробы анализируемой воды объемом 100 см³, 5 см³ буферного раствора (2.2.3), 6 капель раствора индикатора (2.2.4) и титровали раствором трилона Б (2.2.1), как описано в п. 2.3 [4, п. 4.5], (приложение 3, фото 8-10).

2.3. Расчёты и результаты анализа проб воды р.п. Крутинка

Жесткость воды Ж, рассчитывают по формуле (2)

$$Ж = \frac{M \cdot F \cdot K \cdot V_{ТР}}{V_{ПР}}, (2)$$

где M- коэффициент пересчета, равный 2С_{ТР},

С_{ТР}концентрация раствора трилона Б, моль/м (ммоль/дм), (как правило С_{ТР} =50);

F - множитель разбавления исходной пробы воды при консервировании (как правило F=1);

K - коэффициент поправки к концентрации раствора трилона Б, рассчитанный по формуле (1);

V_{ТР} - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, см³;

V_{ПР} - объем пробы воды, взятой для анализа, см³[4, п. 4.6].

Результат измерений может быть представлен в виде:

$$(\mathcal{J} \pm \Delta) \quad (3)$$

где \mathcal{J} - значение жесткости воды, °Ж;

Δ - границы интервала, в котором погрешность определения жесткости воды находится с доверительной вероятностью $P=0,95$ [4, п. 4.7].

Результаты определений представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты определения жёсткости воды

№ пробы	V ₁ трилон Б	V ₂ трилон Б	Значение Ж ₁	Значение Ж ₂	Среднее значение Ж±Δ
1	15,2	15,3	7,372	7,421	7,397±1,11
2	15,4	15,2	7,469	7,372	7,421±1,11
3	13,2	13,3	6,887	6,936	6,912±1,04
4	17,3	17,2	8,391	8,294	8,343±1,25

Из таблицы видно, что все исследуемые образцы имеют жесткость выше 7°Ж, наиболее близок к норме образец под номером 3, вода с улицы Кирова, наибольшую имеет образец под номером 4, вода с улицы 30 лет Победы. Стоит отметить, что значение жесткости во всех пробах не превышает предельно допустимой концентрации по СанПиНу 2.1.4.1074-01.

Кроме того, мы проверили общее содержание растворенных твердых веществ TDS-метром. Опуская прибор в стаканчики с исследуемыми пробами сняли показания прибора трижды и записали средние значения прибора в таблицу 6, а также записав значение минерализации в °Ж, используя калькулятор перевода жесткости воды [9].

Таблица 6

Результаты определения минерализации проб TDS-метром

№ пробы	Среднее значение минерализации, рпм	Значение минерализации, Ж
1	578	11,6
2	595	11,9
3	216	4,3
4	535	10,7

Из результатов следует, что все исследуемые образцы, кроме №3 (обычная вода, без какого-либо вкуса), имеют высокую степень минерализации, в интервале 6-12 °Ж, вода ощущается *тяжелой*, каждый исследуемый образец имеет специфический привкус.

Таким образом, нами были проведён пробоотбор проб и их титриметрический анализ.

Заключение и выводы

Таким образом, одним из важных показателей качества воды является жесткость — это показатель, характеризующий прежде всего содержание растворенных солей кальция и магния. Временную жесткость можно устранить кипячением (карбонаты металлов), а вот постоянную только действием специальных веществ.

Методы определения общей жесткости разнообразны, чаще всего это титриметрический способ. Вещества, используемые при этом (индикаторы) изменяют свою окраску, в результате именно этот фактор определяет количество жесткости в определенном объеме пробы воды. Нужно отметить, что результаты титриметрического анализа являются более достоверными, т. к. при выполнении работы имеет место устранение мешающих влияний других компонентов, находящихся в воде.

Метод определения жесткости с помощью TDS-прибора, количественно не совпал с данными, полученными в лаборатории. Результаты отличаются значительно. Мы предлагаем этот метод использовать лишь для определения фильтрующей способности фильтров, и ответа на вопрос о необходимости его замены.

В ходе практической части были проанализированы образцы водопроводной воды из р.п. Крутинка Омской области и подтвердилась гипотеза исследования, что водопроводная вода в р.п. Крутинка жёсткая.

В дальнейшем, планируется продолжить работу над этой темой, проверить изменение жёсткости воды в зависимости от времени года, оценить жёсткость воды в других частях р.п. Крутинка, возможно стоит сравнить качество воды из скважин и водопровода.

По результатам проделанной работы были сформулированы следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Проведённый теоретический анализ показал, что существуют нормы ГОСТ для питьевой воды, регламентирующий порядок определения жёсткости разными методами, согласно СанПин 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.1315-03 регламентируют жёсткость не более 7°Ж... Согласно СанПиНу 2.1.4.1074-01 безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по (п. 3.4.1.) и не должна превышать 10°Ж, так как повышенная жёсткость вызывает такие негативные проявления как мочекаменная болезнь, отложения солей в шейном, грудном, поясничном отделах позвоночника, суставах конечностей.

2. По результатам химического анализа установлено, что жёсткость проб водопроводной воды с четырёх улиц р.п. Крутинка Крутинского района (ул. Делегатская, Южная, Кирова и 30лет Победы) выше 7°Ж, крутинская водопроводная вода относится к жёсткой, что не соответствует нормам СанПиН, но не превышает ПДК, такую воду пить нельзя.

3. Определение минерализации TDS-прибором показало высокую степень минерализации в интервале 6-12 °Ж, что соответствует тяжелой воде. Данным прибором можно пользоваться, например, в быту тем у кого есть

фильтрующие системы, чтобы определять, когда необходимо менять фильтрующий элемент.

Информационные источники

Нормативные документы

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения 15.12.19г.)
2. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096920> (дата обращения 15.02.2020г.)
3. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097520> (дата обращения 15.02.2020г.)
4. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости (с Поправкой) [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097815> (дата обращения 15.02.2020г.)

Литература и интернет источники

5. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001
6. Исследовательская работа на тему: Определение общей жесткости воды [Электронный ресурс] URL: <https://infourok.ru/opredelenie-obschey-zhestkosti-vodi.html> (дата обращения 19.12.2019г.)
7. Жёсткость воды. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жёсткость_воды (дата обращения 20.12.2019г.)
8. Жесткость воды что это такое [Электронный ресурс] URL: <http://global-aqua.ru/metody-i-tehnologii/zhestkost-vody.html> (дата обращения 20.12.2019г.)
9. Калькулятор жесткости воды. [Электронный ресурс] URL: <http://www.mosvodokanal.ru/forpeople/calculator.php> (дата обращения 10.01.2020 г.)
10. Проблема жесткой воды и способы ее умягчения в домашних условиях [Электронный ресурс] URL: <https://stroykaguru.com/polza/zhestkaya.html> (дата обращения 15.01.2020 г.)
11. Курсовая работа: Определение жесткости воды комплексонометрическим методом [Электронный ресурс] URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-120183.html> (дата обращения 15.01.2020 г.)
12. Жёсткость воды. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном Б [Электронный ресурс] URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837314.htm> (дата обращения 10.01.2020 г.)
13. TDS метр: принцип работы, использование, характеристики, уход [Электронный ресурс] URL: <https://oskada.ru/analiz-i-kontrol-kachestva-vody/tds-metr-princip-raboty-ispolzovanie-karakteristiki-uxod.html> (дата обращения 10.02.2020 г.)
14. Исследовательская работа: Возможность определения жесткости воды в домашних условиях [Электронный ресурс] URL:

<https://infourok.ru/vozmozhnost-opredeleniya-zhestkosti-vodi-v-domashnih-usloviyah-konkursnaya-rabota-3866458.html>(дата обращения 05.02.2020 г.)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Взвешивание сыпучих веществ



Фото 1. Взвешивание трилона Б



Фото 2. Взвешивание индикатора хромовый темно-синий



Фото 3. Маркировка тары для взвешивания хлорида аммония



Фото 4. Взвешивание хлорида аммония

Приготовление растворов



Фото 6 Приготовление буферного раствора



Фото 7 Количественный перенос навески

Титрование проб



Фото 8 Приготовление анализируемой пробы



Фото 9 Титрование анализируемой пробы



Фото 10 Оттитрованные пробы