

Региональная открытая конференция
по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»

секция «Экология»

**Исследование источников нецентрализованного водоснабжения на
наличие солей кальция и магния**

Обучающийся
Буланцева Дарья Александровна
ЦО «Константиновский» МОУ
«Образовательный комплекс
«Открытие», 11 класс,
Педагог-консультант,
Грамотинская Светлана
Геннадьевна, учитель биологии
ЦО «Константиновский»

Ярославль, 2025

Оглавление

Введение.....	3
1. Основная часть	5
1.2. Характеристика понятия «жѐсткость воды». Нормативные документы...	5
2. Практическая часть	6
2.1 Описание источников водоснабжения.....	6
2.2 Методика отбора проб, дата отбора.	6
2.3 Органолептический анализ	7
2.4 Спектрофотометрический анализ воды	7
2.5 Определение водородного показателя воды и общей минерализации.....	8
2.6 Определение жѐсткости воды с помощью титрометрического метода	8
2.6.1 Определение общей жесткости.....	8
2.6.2 Определение кальция в воде титрометрическим методом с применением мурексида	9
2.6.3 Определение магния в воде расчѐтным методом	9
3.Выводы	10
4. Заключение	10
5. Информационные источники.....	11
Приложение №1	12
Приложение №2	13
Приложение №4	14
Приложение №5	14
Приложение №6	15
Приложение №7	15
Приложение №8	15
Приложение №9	16

Введение

Жёсткость воды является одним из показателей качества питьевой воды. Определяют жёсткость воды соли кальция и магния. Существуют нормативы СанПиН [1], [2] по которым можно оценить безопасность её потребления для различных нужд человека.

Повышенное содержание этих солей может негативно влиять на организм человека. Ионы магния и кальция в такой воде откладываются в тканях и суставах, вызывают кислородное голодание, отёки, мочекаменную болезнь. Избыток кальция, в частности, может замедлить рост костей и вызвать рахит.¹

Для бытовой техники высокая концентрация этих солей тоже опасна: на нагревательных элементах бойлеров, чайников и сантехники образуется налёт, что приводит к сбоям в работе и поломкам².

Согласно СанПиН, допустимая концентрация кальция и магния в питьевой воде не должна превышать 7 мг-экв на литр жидкости. Рекомендации ВОЗ ещё жёстче: допускаются нормы для воды до 10–30 мг/л магния и 20–80 мг/л кальция, что примерно равняется 1,8–6,5 мг-экв на литр

Источники централизованного водоснабжения тщательно проверяются на нормы СанПиН, но люди часто используют воду из колодцев, родников, скважин, которые относятся к источникам нецентрализованного водоснабжения. Такая вода не контролируется по нормам СанПиН.

Актуальность работы заключается в том, что, живя всё лето на даче, мы используем воду из колодца и родника. Известковый налёт и короткий срок жизни электрических чайников, натолкнул на мысль о повышенной жёсткости воды, используемой нами и нашими соседями. Какую воду лучше брать: колодезную или родниковую? Родниковая вода проходит через слои глины и очищается. Может она более пригодна для бытовых нужд и питья?

Гипотеза: Вода из колодца имеет большую жёсткость, чем родниковая.

¹<https://vodaplus.ru/blog/normy-mineralizatsii-vody/>

²<https://krausen.by/blog/kalcij-i-magnij-v-vode/>

Объект исследования: вода из источников нецентрализованного водоснабжения СНТ Менделеевец

Предмет исследования: физико-химических показатели воды из источников нецентрализованного водоснабжения.

Цель работы: исследовать воду из родника и колодца СНТ Менделеевец, используемых как источники нецентрализованного водоснабжения, на наличие солей кальция и магния.

Задачи работы.

1. Изучить литературные источники по теме исследования;
2. Проанализировать и выбрать: наиболее эффективные методики анализа воды, ресурсы для проведения практической части работы;
3. Отобрать пробы из источников.
4. Провести органолептический и химический анализ проб.
5. Создать рекомендации для дачников по использованию воды из источников нецентрализованного водоснабжения.

Методы.

1. Органолептический анализ;
2. Физико-химический анализ;
3. Общенаучные эмпирические методы исследования: наблюдение; сравнение; обобщение.

Работа выполнена на базе лаборатории школьного Центра «Точка роста» с привлечением ресурса лаборатория Центра дополнительного образования «Созвездие». Образцы были взяты 10 октября 2024 год

Практическая значимость. Результаты работы и выводы представлены в паблике СНТ Менделеевец для обоснованного использования для бытовых нужд воды дачниками.

1. Основная часть

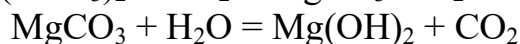
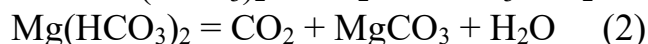
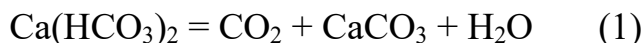
1.1 Характеристика понятия «жёсткость воды». Нормативные документы.

Жёсткость воды это совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом, кальция и магния (так называемых солей жёсткости)³[2],[5]. Поверхностные воды отличаются от подземных по количеству примесей и солей. 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 жёсткости:

1. *Общая жёсткость* (GH) – сумма карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Она показывает суммарное содержание щелочноземельных металлов (магния и кальция) в виде ионов. В воде, где значение GH 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 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 гидролизуетсся с образованием гидроксида); жесткость воды при этом уменьшается [8], [9] [12]:



3. *Некарбонатная жёсткость (постоянная)* – обусловлена присутствием магниевых и кальциевых кислотных солей других

³<https://vodaplus.ru/blog/normy-mineralizatsii-vody/>

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].

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. (Приложение 3 таблица 2 Типы Жесткости).

Согласно СанПиН 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 (Приложение 2 таблица 1)

2. Практическая часть

2.1 Описание источников водоснабжения

В качестве источников водоснабжения взяты:

1. Колодец, расположенный на 1 очереди СНТ (Проба 1).
2. Родник, расположенный у тропинки – спуск к реке Печегда (Проба 2)

Родник, расположен на левом берегу р Печегда на высоте 115 метров над уровнем моря, уклон 39,34° (Приложение №1). Для определения местонахождения была использована интернет карта высот, уклонов, видимости и красоты рельефа.⁴

2.2 Методика отбора проб, дата отбора.

Для анализа нами были отобраны образцы в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [3], [4].

⁴<https://votetovid.ru/#49.994,93.999,6z,tb>

Оборудование для отбора проб должно соответствовать ГОСТ 31861, ГОСТ 17Л .5.04 и ГОСТ 17.1.5.05.

Пробы отбирают в стеклянную или пластиковую посуду, предварительно промытую раствором соляной кислоты 1:1, а затем дистиллированной водой. При отборе посуду ополаскивают отбираемой водой. Объем отобранной пробы должен быть не менее 300 см³.

Мы отбирали пробы исследуемой воды в пластмассовую бутылку из под питьевой воды объёмом 1,5 литра. Для органолептического анализа срок хранения пробы воды составил менее 24 ч. Воду для химического анализа хранили в холодильнике.

Исследуемую воду, наливают, перемешивают, ополаскивают и выливают. Такую процедуру повторили еще один раз. На третьем отборе наливают полную бутылку образца.

2.3 Органолептический анализ

Запах воды характеризуется интенсивностью, которую оценивают по 5-балльной шкале от 0 до 5 (ГОСТ 3351-74)⁵ (Приложение 4). Для проведения исследования образцы должны быть 20-25°. Если температура воды ниже – подогреем.⁶ Для питьевой воды допускается запах не более 2 баллов.

Результаты органолептического анализа

Таблица 3

Образец	Запах	Визуальные характеристики
№1- колодезная	0	прозрачный, осадка нет
№2- родниковая	1	на дне и стенках виднеется желтоватый осадок

2.4 Спектрофотометрический анализ воды.

Спектрофотометрия – экспериментальный метод, который позволяет измерить концентрацию растворенных веществ по количеству поглощаемого раствором света.

Измеряем оптическую плотность экспериментального образца, находим

⁵Органолептические показатели качества воды: на вкус и цвет... Бузин И.

⁶ <https://www.msulab.ru/knowledge/water/organoleptic-indicators-of-water-quality-for-taste-and-color/>

коэффициент и в результате вычисления получаем значение цветности или мутности раствора⁷. (Приложение 5)

На основании спектрометрического анализа можно сделать вывод, что родниковая вода по цветности (20,74°) и мутности (6,50) превышает норму ГОСТ, для питьевой воды из нецентрализованных источников. Это подтверждается наличием желтого осадка в бутылке.

2.5 Определение водородного показателя воды и общей минерализации

Измерение pH образцов проводилось с помощью pH-метра. Водородный показатель нормируется для всех типов вод.⁸ Это связано с тем, что выход значения этого показателя за пределы нормы говорит о наличии серьёзных загрязнений, представляющих опасность для здоровья человека или окружающей среды.

pH колодезной воды (7,77) и родниковой (7,26) не превышает норм СанПиН. Для колодезной воды pH может достигать до 10. (Приложение 6)

Общая минерализация определяется с помощью кондуктометра. Прямая кондуктометрия – метод, позволяющий непосредственно определять концентрацию электролита путем измерения электропроводности раствора с известным качественным составом. Эта зависимость выражается простым линейным соотношением $I = kC$, (1) где k – константа; C – концентрация. Общая минерализация воды в роднике (809,5 мг/л) выше, чем в колодце (616 мг/л). Но показатели минерализации образцов находятся в допустимых пределах (15000 мг/л). (Приложение 6)

2.6 Определение жёсткости воды с помощью титрометрического метода

2.6.1 Определение общей жесткости

⁷ <https://ru.wikihow.com/> Как провести-спектрофотометрический-анализ

⁸ <https://www.msulab.ru/knowledge/water/vodorodnyy-pokazatel/>

Жесткость воды в настоящее время выражается в градусах жесткости (°Ж) по ГОСТ 31865-2012. Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной % его моля, выраженной в мг/дмг (г/м³). (Приложение 3)

Титрование проводят Трилоном Б в присутствии индикатора эриохром черный. Титруется до точки эквивалентности, определяющейся по уровню окраски с фиолетовой до синей. Результаты измерений и расчёт жесткости приведён в Приложении 7.

Жесткость воды в колодце (10,2°Ж) и роднике (11,8°Ж) превышают нормы СанПиН (не более 7)

2.6.2 Определение кальция в воде титрометрическим методом с применением мурексида

Принцип метода: мурексид образует с ионами Са в щелочной среде комплексное соединение, окрашенное в красно-фиолетовый или бледно-розовый цвет (в зависимости от концентрации). При титровании раствором более сильного комплексо-образователя трилона Б, этот комплекс разрушается, что приводит к изменению окраски, свойственной свободному мурексиду (бледно-сиреневой).

По нормам СанПиН содержание кальция в водопроводной воде не нормируется. Но для питьевой воды первой категории его содержание должно быть не выше 130 мг/дм³.

Концентрация кальция в колодезной воде (153,3мг/дм³) и родниковой (188,4мг/дм³). Таким образом, воду из нецентрализованных источников водоснабжения нельзя отнести к 1 категории, так как содержание кальция значительно превышает норму. (Приложение 9)

2.6.3 Определение магния в воде расчётным методом

1) Перевести в эквивалент на литр концентрацию кальция

$$X_{\text{э}} = \frac{X}{20,04} = 9,4 \text{ ммоль/дм}^3, \text{ где } 20,04 - \text{молярная масса эквивалента Са}^{2+}$$

9) Эквивалентная концентрация магния Mg^{2+} : $11,8 - 9,4 = 2,4 \text{ ммоль/дм}^3$

$$2,4 \text{ ммоль/дм}^3 \cdot 12,16 = 29,184 \approx 29,2 \text{ мг/дм}^3 \text{ Mg}^{2+}$$

Содержание магния в воде

Таблица 7

	С _{Ca}	Хэ	Х _{эMg}	С _{Mg2+}	Норма ⁺
№1- колодезная	153,3 мг/дм ³	7,6 ммоль/дм ³	2,6 ммоль/дм ³	31,6 мг/л	50 мг/л
№2- родниковая	188,4 мг/дм ³	9,4 ммоль/дм ³	2,4 ммоль/дм ³	29,2 мг/л	50 мг/л

Расчёты показали, что жесткость воды и в колодце и в роднике определяется в основном солями кальция. Колодезная вода содержит магния больше чем родниковая.

3. Выводы

1. Гипотеза не подтвердилась. Вода из родника имеет большую жёсткость чем колодезная. Общая минерализация в родниковой воде также выше колодезной. Жесткость воды из всех источников не централизованного водоснабжения превышает ГОСТ.
2. Содержание в воде Mg^{2+} ниже норматива. Это подтверждает вкус воды – она не горьковатая.
3. Содержание в воде ионов Ca^{2+} превышает норму 20–80 мг/л, что делает нежелательным употребление воды без фильтрации и умягчения.
4. Родниковая вода превышает норму ГОСТ, для питьевой воды из нецентрализованных источников по цветности и мутности.
5. Общая минерализация и кислотность воды не превышает ГОСТ

4. Заключение

Отметим, что вода из источников нецентрализованного водоснабжения СНТ Менделеевец не пригодна для питья без специальной подготовки, так как в них могут содержать повышенное количество кальция, что неблагоприятно отражается на здоровье человека. Перед употреблением её необходимо умягчить с помощью кипячения или замораживания (Приложение 9).

Работа будет продолжена. Планируется определить содержание железа в воде.

5. Информационные источники

1. Кальций и магний в воде. [электронный ресурс], точка доступа <https://diasel.ru/article/kalcij-i-magnij-v-vode/> (дата обращения 23.10.2024)
2. Что такое минерализация воды, и каковы нормы общей минерализации для питьевой воды. [электронный ресурс], (дата обращения 20.11.2024г.)
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-obscheyzhestkosti-vodi.html> (дата обращения 19.12.2024г.)
7. Жёсткость воды. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жёсткость_воды (дата обращения 20.11.2024г.)
8. Жесткость воды что это такое [Электронный ресурс] URL: <http://global-aqua.ru/metody-i-tekhnologii/zhestkost-vody.html> (дата обращения 20.12.2024г.)
9. Калькулятор жесткости воды. [Электронный ресурс] URL: <http://www.mosvodokanal.ru/forpeople/calculator.php> (дата обращения 10.01.2025 г.)
10. Проблема жесткой воды и способы ее умягчения в домашних условиях [Электронный ресурс] URL: <https://stroykaguru.com/polza/zhestkaya.html> (дата обращения 15.01.2025 г.)
11. Курсовая работа: Определение жесткости воды комплексонометрическим методом [Электронный ресурс] URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-120183.html> (дата обращения 15.01.2025 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 10.01.2025 г.)
13. TDS метр: принцип работы, использование, характеристики, уход [Электронный ресурс] URL: <https://oskada.ru/analiz-i-kontrol-kachestvavody/tds-metr-princip-raboty-ispolzovanie-xarakteristiki-uxod.html> (дата обращения 10.02.2025 г.)
14. Исследовательская работа: Возможность определения жесткости воды в домашних условиях [Электронный ресурс] URL: <https://infourok.ru/vozmozhnost-opredeleniya-zhestkosti-vodi-v-domashnihusloviyah-konkursnaya-rabota-3866458.html> (дата обращения 05.02.2025г.)

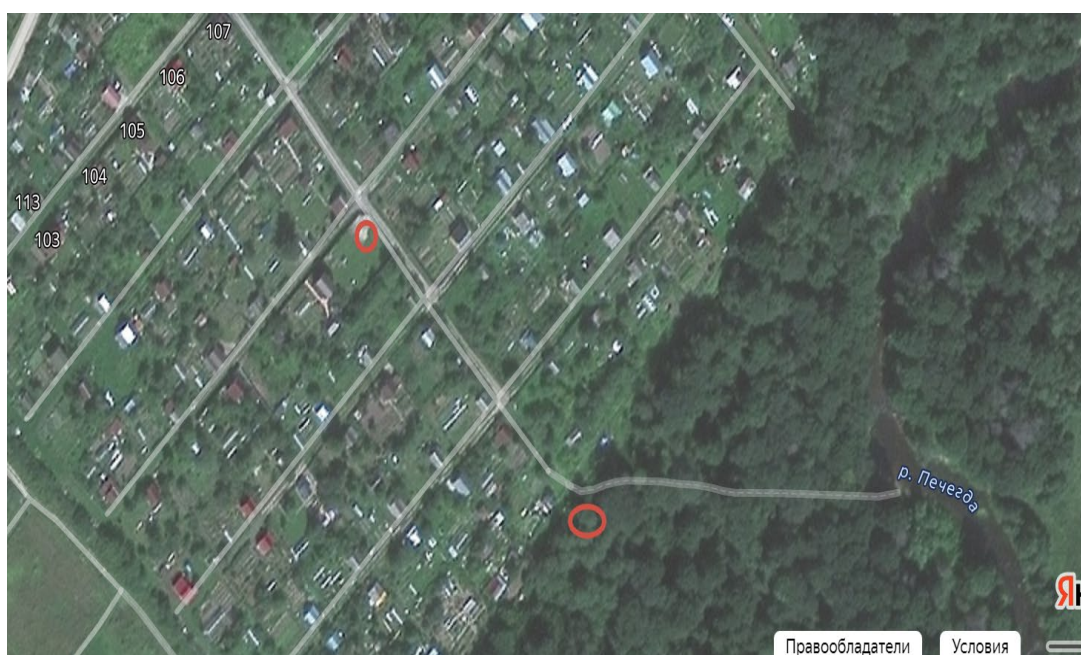
Нормативные документы

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 15.12.2024г.)
2. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096920> (дата обращения 15.12.2024г.)

3. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097520> (дата обращения 15.12.2024г.)
4. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости (с Поправкой) [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097815> (дата обращения 15.12.2024г.)

Приложение №1

Карта отбора Проб рис 1



Примеры показателей из СанПиН 2.1.4.1074-01

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)	—	—

Приложение 3

Типы жесткой воды

Таблица 2

№п/п	Название	Степень жесткости	Примеры [10]
1	Мягкая	от 0 до 4 °Ж	1. Распространена в местности с большим количеством болот и торфяников 2. Чистая талая вода
2	Средняя	от 4 до 8 °Ж	1. Поверхностные воды практически в любой местности 2. Вода из колодцев или скважин
3	Жёсткая	от 8 до 12°Ж	1. Вода на территориях с избыточным количеством химических солей и загрязнителями Оказывает негативное воздействие на человеческий организм
4	Очень жёсткая	Более 12 °Ж	3. Вода с территорий, где есть близкое расположение пещер и шахт Для питья она не используется

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].

Приложение №4

Определение интенсивности запаха воды

Таблица 3

Оценка интенсивности запаха, баллы	Интенсивность запаха	Характер проявления запаха
0	никакого запаха	отсутствие ощутимого запаха
I	очень слабый	запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
II	слабый	запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание
III	заметный	запах, легко обнаруживаемый, может быть причиной того, что вода неприятна для питья
IV	отчетливый	запах, обращающий на себя внимание, может заставить воздержаться от питья
V	очень сильный	запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Приложение №5

Определение мутности и цветности по оптической плотности раствора.

Цветность воды

Таблица 4

образец	Оптическая плотность	коэффициент т	Показатель цветности	Норма ГОСТ для колодцев
№1- колодезная	0,094	k=211,706	19,90	20°
№2- родниковая	0,098	k=211,706	20,74	20°

Мутность воды

Таблица 5

образец	Оптическая плотность	коэффициент	Показатель мутности	Норма ГОСТ для колодцев
№1- колодезная	0,003	k=106,701	0,32	1,5
№2- родниковая	0,061	k=106,701	6,50	1,5

Приложение №6

Водородный показатель воды и общая минерализация

Таблица 6

образец	рН		Общая минерализация			
	СанПиН 2.1.4.1074 -01	фактическ и	С	к	фактическ и	норма
№1- колодезная	От 6,0 –до 9,0	7,77	1232мС/с м	0, 5	616мг/л	15000мг/ л
№2- родниковая я	От 6,0 –до 9,0	7,26	1619мС/с м	0, 5	809,5мг/л	15000мг/ л

Приложение №7

Общая жесткость воды

Таблица 7

	V _{трилона б}	Расчёт/формула	Жесткость, °Ж	Нормы СанПиН
№1- колодезная	20,4 мл	$Ж=50 \cdot 1 \cdot 1 \cdot V_{\text{трилона б}} / 100$	10,2°Ж	Не более 7
№2- родниковая	23,6 мл	$Ж=50 \cdot 1 \cdot 1 \cdot V_{\text{трилона б}} / 100$	11,8°Ж	Не более 7

Общая жесткость определяется по формуле: $Ж = \frac{M \cdot F \cdot K \cdot V_{\text{пр}}}{V_{\text{пр}}}$, где

M- коэффициент пересчета=50; F-

K-коэффициент концентрации раствора

V_{пр}- объём пробы воды, взятой для анализа =100 см³

Приложение №8

Содержание кальция в воде

Таблица 7

	V _{трилона б}	Расчёт/формула	C _{Ca}
№1- колодезная	15,3мл	$X=40,08 \cdot C_{\text{тр}} \cdot V_{\text{тр}} \cdot 1000 / V$	153,3мг/дм ³
№2- родниковая	18,8мл	$X=40,08 \cdot 0,025 \cdot 18,8 \cdot 1000 / 100$	188,4мг/дм ³

X- массовая концентрация в воде мг/дм³

C_{тр}- концентрация раствора трилона б, моль/дм³

V_{тр} – объём трилона на титрование

V- объём пробы=100мл=100см³

Рекомендации.

Способы борьбы с жесткостью воды.

1. Устранение жесткости воды кипячением. Самый простой и доступный метод термической обработки в домашних условиях. Но при этом способе обработки воды образуется известковый налет, от которого потом трудно избавиться.

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. 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.