

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Айская средняя общеобразовательная школа»**

Школьная научно-практическая конференция «Истоки»

Направление: химия

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ**

Работу выполнила:  
Лебедева Валентина,  
ученица 9б класса.  
Руководитель:  
Шегурова В.Д.,  
учитель биологии и химии

с. Ая, 2022г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ.....	4
1.1. Виды жесткости .....	4
1.2. Единицы измерения жесткости и электропроводности .....	4
ГЛАВА 2. ВРЕД, НАНОСИМЫЙ ЖЕСТКОЙ ВОДОЙ .....	5
2.1. Вред для здоровья человека .....	5
2.2. Вред для коммуникаций.....	5
2.3. Вред, наносимый технике и предметам быта.....	5
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ .....	7
3.1. Кипячение .....	7
3.2. Добавление гашеной извести.....	7
3.3. Вымораживание льда.....	7
3.4. Применение катионитов.....	7
3.5. Применение автоматических фильтров-умягчителей.....	8
3.6. Физические методы .....	8
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....	9
4.1. Методика определения жесткости воды по электропроводности.....	9
4.2. Результаты измерений .....	9
ВЫВОДЫ.....	11
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	13

## ВВЕДЕНИЕ

Жесткость воды является одним из основных показателей, характеризующим применение воды в различных областях. Жесткость воды может влиять и на применяемость для потребления человеком с точки зрения ее вкусовых свойств. Жёсткость воды — совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом, кальция и магния (так называемых солей жёсткости).

**Цель:** определить общую жесткость воды в исследуемых образцах воды.

**Задачи:**

1. Выяснить, какие из образцов воды имеют минимальную, а какие максимальную жесткость воды, используя датчики цифровой лаборатории Releon.
2. Сделать заключение о зависимости общей жесткости воды от ее электропроводности.
3. Выяснить вред, наносимый жесткой водой и способы устранения жесткости.

**Гипотеза:** жесткость воды можно определить по ее электропроводности.

**Методы работы:** обзор литературных источников, эксперимент, наблюдение, обобщение, анализ полученных данных.

**Предмет исследования:** общая жесткость воды.

**Объект исследования:** дистиллированная вода; кипяченая вода; вода водопроводная; вода из р. Катунь, р. Ая; родниковая вода.

**Актуальность темы исследования:** показатели здоровья человека и качество воды, которую он потребляет для обеспечения своей жизнедеятельности, тесно связаны между собой. Колоссальное количество исследований, проведенных учёными разных стран, доказывает, что существует прямая связь между качеством питьевой воды и продолжительностью жизни людей. По данным ВОЗ почти 90% всех болезней человечества вызвано использованием в быту для питья именно некачественной воды. Поэтому повышение её качества является актуальной проблемой современности. Качество воды характеризуется ее температурой, содержанием в ней взвешенных веществ, привкусом, жесткостью, содержанием отдельных химических элементов и соединений, активной реакцией и другими показателями. Одной из характеристик воды, заинтересовавших меня, является именно ее жесткость.

**Практическая значимость:** данную работу можно использовать как дополнительный материал на уроках химии и биологии, для подготовки к предметным олимпиадам, ВПР, знания о жесткости воды важны в быту и для сохранения здоровья.

**Ресурсы:** цифровая лаборатория Releon с датчиком электропроводности, химическое оборудование, образцы воды.

**Обзор литературных источников.**

Глинка Н.М. в учебном пособии «Общая химия» дает определение жесткости природных вод. Подразделяет общую жесткость на карбонатную и некарбонатную. «Первая из них обусловлена присутствием гидрокарбонатов кальция и магния, вторая – присутствием солей кислот- сульфатов или хлоридов кальция и магния. Автор указывает на вред жесткой воды и называет способы ее устранения [3]. Коровин Н.В. в учебном пособии «Общая химия» говорит о действии ионитов для обессоливания природных вод. Автор говорит, что «метод известкования непригоден для снижения некарбонатной жесткости. Для этих целей необходимо вводить хорошо растворимую соль, содержащую карбонат-ионы». Коровин Н.В. считает, что «для очистки природных вод от примесей широко применяются методы катионирования, анионирования, обессоливания» [4].

## ГЛАВА 1. Характеристика жесткости воды

### 1.1. Виды жесткости

- Временная жесткость

Она обозначается, как кН, и непосредственно связана с уровнем гидрокарбонатов и карбонатов магния и кальция. Временным этот вид жесткости называют потому, что его можно устранить: гидрокарбонаты разлагаются во время кипячения жидкости, образуя плохо растворимый карбонат кальция, углекислый газ и воду:



Из реакции видно, что соли выпадают в виде осадка, поэтому вода становится мягче. Таким образом, избавиться от данного вида жесткости можно за счет продолжительного кипячения. Поэтому его называют временным или устранимым. При рН от 8,3 карбонаты также становятся солями временной жесткости.

Обычно уровень карбонатной жесткости меньше, чем общей. Причем последняя меняется при снижении или полном устранении временной, поэтому можно смело говорить, что данный показатель не постоянен, как и остальные свойства воды.

Временная жесткость (щелочность) – это одна из ключевых характеристик жидкости. На самом деле знать значение кН в биотопе даже важнее, чем значение гН, ведь кН – это так называемый показатель буферности (или сопротивляемости) изменениям рН.

Кислоты или щелочи, попадая в жесткую воду, вступают в реакции ионообмена с растворенными в ней солями. Если концентрация ионов водорода или гидроксильных групп превышает содержание реагирующих солей, рН изменяется, соответственно, в кислую либо в щелочную сторону.

- Постоянная жесткость

Этот вид жесткой воды обозначается как гН. Он определяется содержанием в воде хлоридов, сульфатов и прочих солей магния и кальция. Такие соединения не могут образовывать осадок при нагревании, поэтому вместе с жидкостью легко проникают в организм человека. По этой причине от вида жесткости зависит пригодность воды в пищу.

Безусловно, кальций и магний входят в число макроэлементов, жизненно необходимых нашему организму, но их избыточное содержание может стать причиной возникновения патологий, например, мочекаменной болезни.

Сумма карбонатной и некарбонатной жесткости – общая жесткость воды.

### 1.2. Единицы измерения жесткости и электропроводности

В России жесткость воды измеряют в "градусах жесткости" ( $1^\circ\text{Ж} = 1 \text{ мг-экв/л} = 1/2 \text{ моль/м}^3$ ). По значению общей жесткости воду делят на группы:

- очень мягкая вода (0–1,5 мг-экв/л)
- мягкая вода (1,5–4 мг-экв/л)
- вода средней жесткости (4–8 мг-экв/л)
- жесткая вода (8–12 мг-экв/л)
- очень жесткая вода (более 12 мг-экв/л).

Единица электропроводности – «сименс», мкСм. Сименс (единица системы СИ) – электрическая проводимость участка электрической цепи с сопротивлением 1 Ом.

## ГЛАВА 2. Вред, наносимый жесткой водой

### 2.1. Вред для здоровья человека

1. Высокая жесткость воды способствует росту мочевых камней и развитию мочекаменной болезни. Это связано с накоплением солей, которые не успевают выводиться из организма.

2. Замедляется процесс приготовления пищи, а из-за многочисленных солей плохо разваривается мясо. Это может привести к плохому усвоению белка организмом и вызвать заболевания желудочно-кишечного тракта.

3. Образование тонкой корки на волосах разрушает естественную жировую пленку. Происходит это так же, как и на коже рук – «мыльные шлаки» не вымываются и постепенно накапливаются. Это может вызвать зуд кожи головы, перхоть и даже способствовать выпадению волос.

4. При умывании жесткая вода сушит кожу. Это происходит из-за появления «мыльных шлаков», образованных из мыла, которое не способно растворяться в жесткой воде. Эти мыльные шлаки закупоривают поры кожи, не давая им свободно дышать, вследствие чего могут развиваться кожные воспаления, характеризующиеся зудом или покраснением.

### 2.2. Вред для коммуникаций

1. Соли жесткости так же, как и на бытовых приборах, выпадают в осадок или кристаллизуются, образуя на поверхности коммуникационных путей и крупных установок накипь. Накипь истончает стенки коммуникаций, вследствие чего полностью разрушая их.

2. Обилие выпадающих в осадок или накипь солей магния и кальция, приводит к частым выходам из строя крупных водонагревательных установок, к примеру, бойлеров.

3. В системах оборотного водоснабжения, образующиеся накипные отложения, водные камни и шлам из солей уменьшают проходимость труб, при этом падает теплоотдача. Падает напор воды, уменьшается её количество в радиаторах, закупориваются входы и выходы воды из домов, что может привести к полной закупорке коммуникационных сетей. Все эти факторы значительно увеличивают энергозатраты.

### 2.3. Вред, наносимый технике и предметам быта

1. Мыльные средства из-за наличия большого количества солей в воде крайне плохо пенятся и отмывают загрязнения. Поэтому количество порошков, моющих средств и прочих предметов бытовой химии, придется резко увеличить.

2. Кроме плохого вспенивания мыльных средств, из-за контакта жесткой воды с ними образуются разводы и твердый налет на сантехнике и поверхности посуды, за счет выпадения солевого осадка. Такой налет тяжело отмывается с посуды, а также негативно влияет на сантехнику, постепенно разрушая ее поверхности.

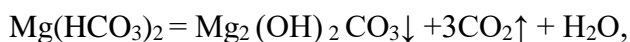
3. В процессе нагревания воды в электроприборах соли не просто выпадают в осадок, а кристаллизуются и оседают в виде накипи. Именно накипь является основной причиной быстрой поломки водонагревательных приборов.

4. Жесткая вода оставляет пятна, разводы и грязные налеты на свежестырианных вещах, цвет тускнеет, принты и рисунки становятся серыми. От них избавиться крайне сложно и это, опять же, требует повышенных затрат на моющие средства. Ткань, постиранная в жесткой воде, становится грубой и теряет эластичность, потому что соли забивают в ней все свободное пространство. При этом уменьшается прочность одежды и постельного белья.

## ГЛАВА 3. Методы устранения жесткости воды

### 3.1. Кипячение

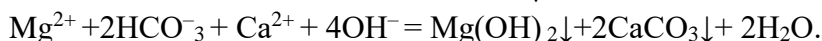
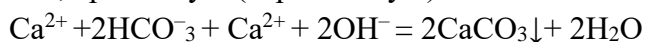
Для избавления от временной жёсткости необходимо просто вскипятить воду. При кипячении воды гидрокарбонаты разлагаются с образованием осадка среднего или основного карбоната:



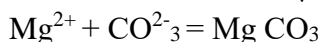
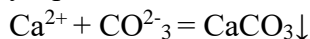
и жёсткость воды снижается. Поэтому гидрокарбонатную жёсткость называют временной. С ионами железа реакция протекает сложнее из-за того, что  $\text{FeCO}_3$  неустойчивое в воде вещество. В присутствии кислорода конечным продуктом цепочки реакций оказывается  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , представляющий собой темно-рыжий осадок. Поэтому, чем больше в воде железа, тем сильнее окраска у накипи, которая осаждается на стенках и дне сосуда при кипячении.

### 3.2. Добавление гашеной извести

Умягчить жёсткую воду можно и обработкой воды различными химическими веществами. Так, временную (карбонатную) жёсткость можно устранить добавлением гашеной извести:



При одновременном добавлении извести и соды можно избавиться от карбонатной и некарбонатной жёсткости (известково-содовый способ). Карбонатная жёсткость при этом устраняется известью (см. выше), а некарбонатная – содой:



### 3.3. Вымораживание льда

Для борьбы с постоянной жёсткостью воды используют такой метод, как вымораживание льда. Необходимо просто постепенно замораживать воду. Когда останется примерно 10 % жидкости от первоначального количества, необходимо слить не замершую воду, а лёд превратить обратно в воду. Все соли, которые образуют жёсткость, остаются в не замершей воде.

### 3.4. Применение катионитов

Но такие методы, как замораживание и перегонка, пригодны только для смягчения небольшого количества воды. Промышленность имеет дело с тоннами. Поэтому для устранения жёсткости в данном случае принимается современный метод устранения – катионный. Этот способ основан на применении специальных реагентов – катионитов, которые загружаются в фильтры и при пропускании через них воды, заменяют катионы кальция и магния на катион натрия. Катиониты – синтетические ионообменные смолы и алюмосиликаты.

Их состав условно можно выразить общей формулой  $\text{Na}_2\text{R}$ . Если пропускать воду через катиониты, то ионы  $\text{Na}^+$  будут обмениваться на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .

Схематически эти процессы можно выразить уравнением:  $\text{Ca}^{2+} + \text{Na}_2\text{R} = 2\text{Na}^+ + \text{CaR}$

Таким образом, ионы кальция и магния переходят из раствора в катионит, а ионы натрия – из катионита в раствор, жёсткость при этом устраняется.

Катиониты обычно регенерируют – выдерживают в растворе NaCl, при участии которого происходит обратный процесс:  $\text{CaR} + 2\text{Na}^+ = \text{Na}_2\text{R} + \text{Ca}^{2+}$

Регенерированный катионит снова может быть использован для умягчения новых порций жесткой воды.

### 3.5. Применение автоматических фильтров-умягчителей

Эффективным способом борьбы с высокой жёсткостью считается применение автоматических фильтров-умягчителей. В основе их работы лежит ионообменный процесс, при котором растворенные в воде “жёсткие” соли заменяются на “мягкие”, которые не образуют твердых отложений.

### 3.6. Физические методы

Метод электродиализа основан на явлении направленного движения ионов электролита к электродам, подключенным к сети постоянного тока. Таким образом, ионы металлов, обуславливающие жесткость воды, задерживаются у электродов и отделяются от воды, выходящей из аппарата водоочистки.

Магнитно-ионизационный метод также использует явление направленного движения ионов, но уже под действием магнитного поля. Для увеличения в воде количества ионов ее предварительно облучают ионизирующим излучением.

Магнитная обработка воды заключается в пропускании воды через систему магнитных полей противоположной направленности. В результате этого происходит уменьшение степени гидратации растворенных веществ и их объединение в более крупные частицы, которые выпадают в осадок.

Ультразвуковая обработка воды также приводит к образованию более крупных частиц растворенных веществ с образованием осадка.



## ГЛАВА 4. Экспериментальная часть

### 4.1. Методика определения жесткости воды по электропроводности

1. Снять защитный колпачок с датчика электропроводности, с помощью промывалки тщательно ополоснуть его нижнюю часть дистиллированной водой, после чего осторожно осушить фильтровальной бумагой.
2. Закрепить датчик электропроводности в лапке штатива.
3. Подключить датчик к компьютеру
4. Запустить программу измерений Releon Lite.
5. В химический стакан налить 50 мл водопроводной сырой воды, опустить в стакан датчик электропроводности, слегка поболтать им и нажать кнопку «пуск». При опускании электрода в раствор необходимо избегать касаний чувствительным элементом стенок и дна стакана.
6. Дождаться, пока показания прибора стабилизируются, и нажать кнопку «пауза». Занести результат в таблицу.
7. Вынуть из стакана датчик электропроводности, промыть дистиллированной водой и осушить фильтровальной бумагой.
8. Повторить пп. 5-7 для дистиллированной, водопроводной, кипяченой, речных, родниковой воды.

### 4.2. Результаты измерений

#### Измерение электропроводности

Таблица 1

	Образцы воды					
	дистиллированная	водопроводная сырая	водопроводная кипяченая	р. Катунь	р. Ая	родниковая
Электропроводность мкСм	<b>0</b>	<b>527</b>	<b>343</b>	<b>441</b>	<b>349</b>	<b>419</b>

Метод оценки жесткости воды по электропроводности позволяет сравнить общую жесткость разных образцов воды. Точное значение общей жесткости воды этим методом определить нельзя, так как электропроводность обуславливается не только солями кальция и магния. В воде присутствуют и другие электролиты: соли натрия, калия и другие.

Причина лежит под землей. А если точнее, в залежах пород: гипса, известняка, доломитов. Подземные воды растворяют в себе эти породы. В воде появляются катионы кальция и магния и других металлов, которые вступают в реакцию с анионами и непосредственно влияют на жесткость. Поэтому в подземных источниках и в скважине жесткая вода. Пресная вода в поверхностных источниках мягче подземных. Однако большую жесткость поверхностные воды имеют в зимний период. Но наступлением весны в них поступают талые воды и снижают жесткость.



Рис.1 Электропроводность образцов воды

Данные измерений электропроводности показывают, что минимальная электропроводность у дистиллированной воды. Дистиллированной называют воду, почти не содержащую неорганических и органических веществ, получаемую путем перегонки водопроводной воды, т. е. воду превращают в пар при температуре +100 градусов и конденсируют. Можно сделать вывод, что жесткость воды дистиллированной воды будет самая минимальная.

Водопроводная кипяченая вода имеет большую электропроводность. Кипячение уменьшает жесткость воды, но это уменьшает только временную жесткость. При кипячении из воды уходит в виде углекислого газа угольная кислота, которая давала вклад в электропроводность (так как находилась в виде ионов  $H^+$  и  $[HCO_3]^-$ ). Мы не можем удалить постоянную жесткость воды этим методом, есть некоторые специальные методы, такие как процесс цеолита, метод ионного обмена и т.д.

Электропроводность воды из р.Катунь оказалась выше, чем из р.Ая. Предполагаем, что может быть обусловлено горным характером реки, имеющей каменистые берега, дно, большую протяженность, истоки, питание притоками горных рек, и, как следствие обогащение воды различными минеральными веществами и солями.

Максимальную проводимость показала водопроводная вода и вода из родника, что указывает на высокую жесткость воды. Жесткость водопроводной воды обусловлена повышенным содержанием гидрокарбонатов кальция и магния, а также разного рода сульфатов, которые попадают в жидкость вместе с грунтовыми водами.

Пробиваясь на поверхность, родниковая вода проходит через слои гравия и песка, что обеспечивает ей естественную природную фильтрацию. При такой очистке вода не теряет своих свойств, и не меняет своей структуры, поэтому родниковую воду можно пить, не подвергая её каким-либо дополнительным способам очищения. Однако не вся родниковая вода одинакова по своему составу, а значит не любую родниковую воду можно употреблять.

## ВЫВОДЫ

1. Минимальную жесткость воды имеет дистиллированная вода. При дистилляции в воде не остается солей. Максимальная жесткость у водопроводной воды и р.Катунь. Вода из родника около г. Веселая имеет более низкий уровень жесткости, поэтому жители села используют её в быту.
2. Сделала заключение что, чем больше жёсткость, тем выше электропроводность, так как больше концентрация ионов – носителей электрического заряда.
3. Выяснила вред, наносимый жесткой водой, узнала о многих способах устранения жесткости воды и применила их на практике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31954-2012 вода питьевая. Методы определения жесткости. – М.: Стандартиформ, 2013. – 16 с.
2. ГОСТ Р 52029-2003 вода. Единица жесткости. – М.: Госстандарт России, 2003. – 4 с.
3. Глинка. Н.Л. Общая химия / Под. ред. В. А. Рабиновича. – Л.: Химия, 2008. – 704 с. ил.
4. Коровин, Н.В. Коровин. – М.: Высшая школа, 1998. – 343 с.
5. Методы устранения жесткости воды <https://chemistry11b.wordpress.com/как-проводится-смягчение-воды/> (дата обращения 10.02.2022).
6. Виды жесткости. Способы умягчения воды. [https://www.chem-astu.ru/chair/study/hardness-water/2\\_Types-Removing.shtml](https://www.chem-astu.ru/chair/study/hardness-water/2_Types-Removing.shtml) (дата обращения 11.12.2021).



Рис.2 Подготовка цифрового оборудования к измерениям



Рис.3 Вода для исследований



Рис. 4 Загрузка программы

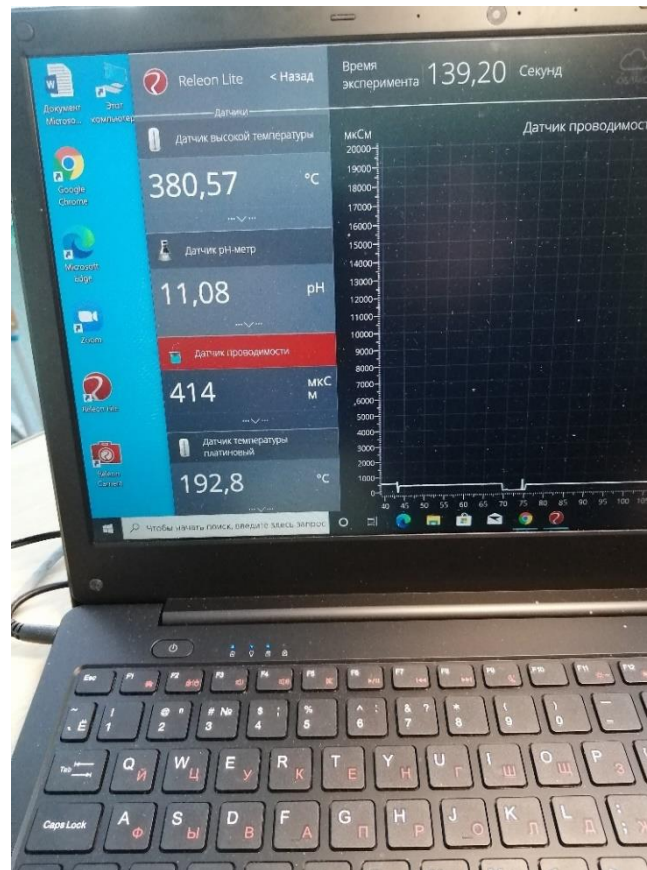


Рис. 5 Настройка датчика электропроводности



Рис. 6 Первые измерения – пробные

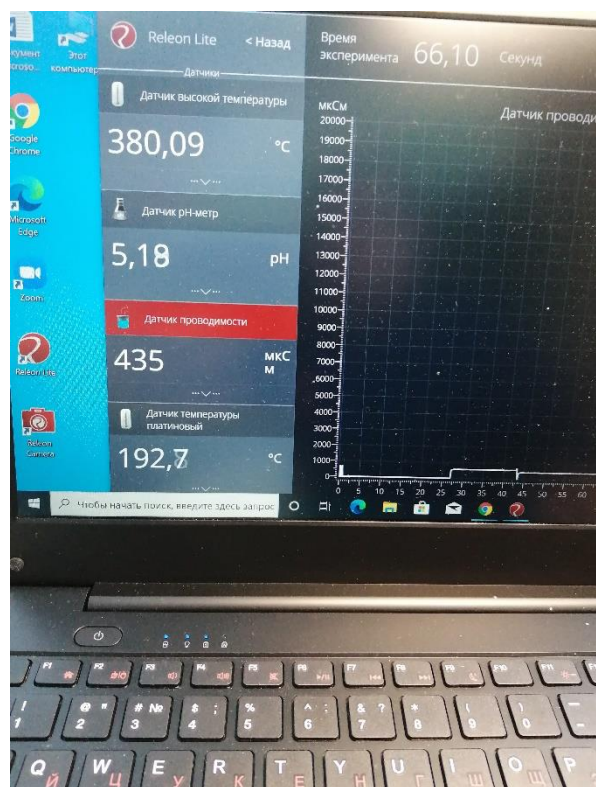
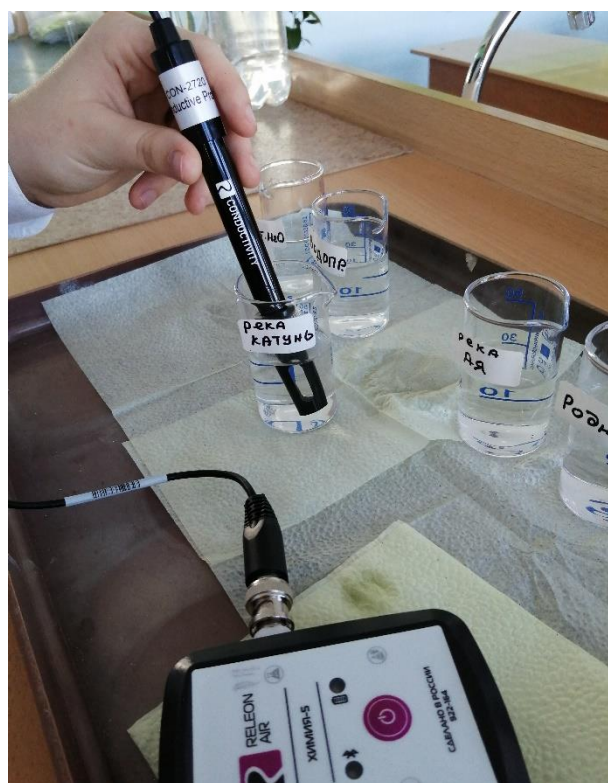


Рис. 7 Определение проводимости воды р. Катунь

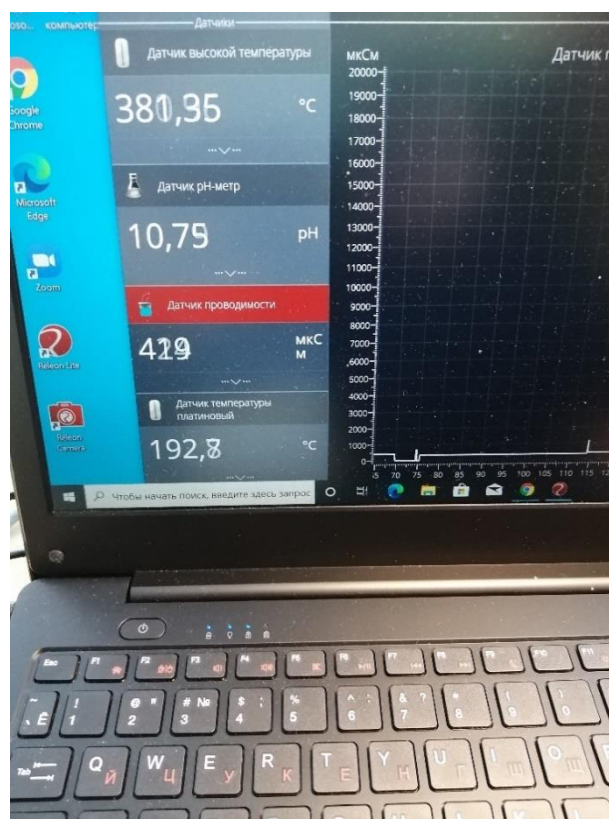


Рис. 8 Определение проводимости воды родника

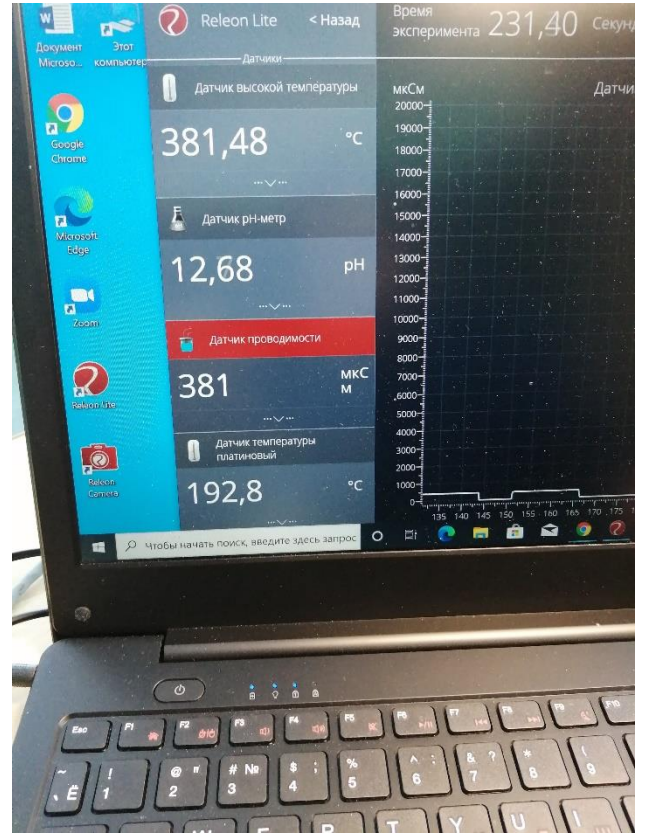


Рис. 9 Определение проводимости воды р.Ая

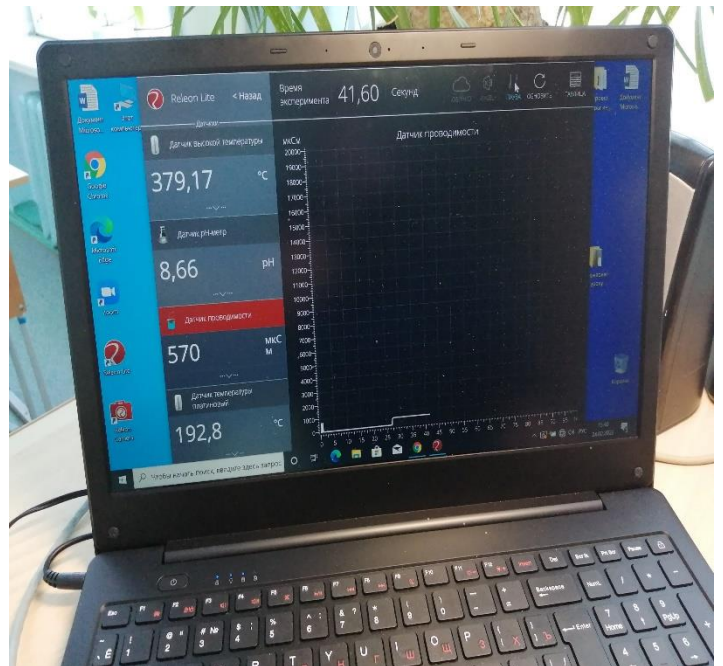


Рис. 10 Определение проводимости водопроводной воды



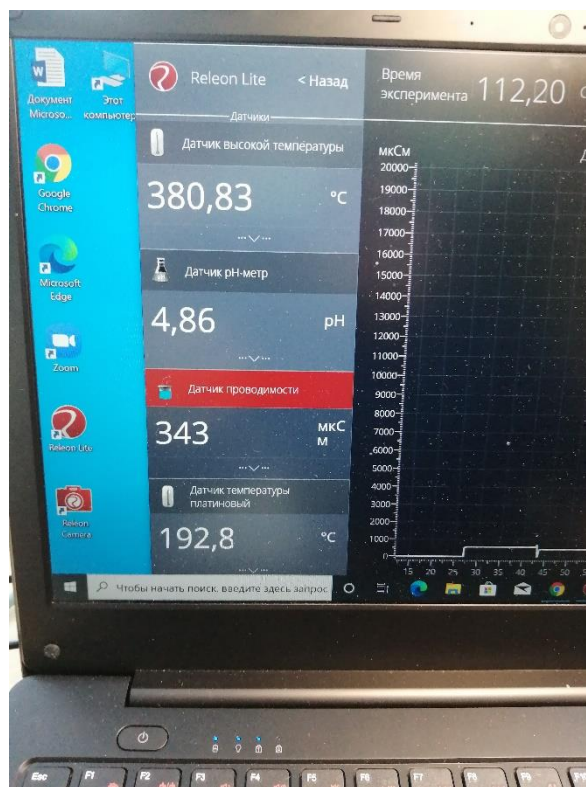


Рис. 11 Определение проводимости кипяченой воды

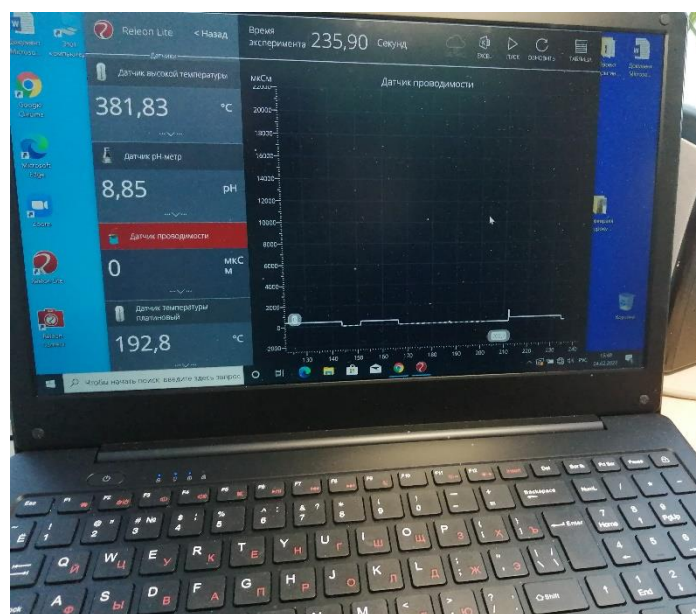


Рис. 12 Определение проводимости дистиллированной воды



Рис .13 Рабочие таблицы измерения электропроводности

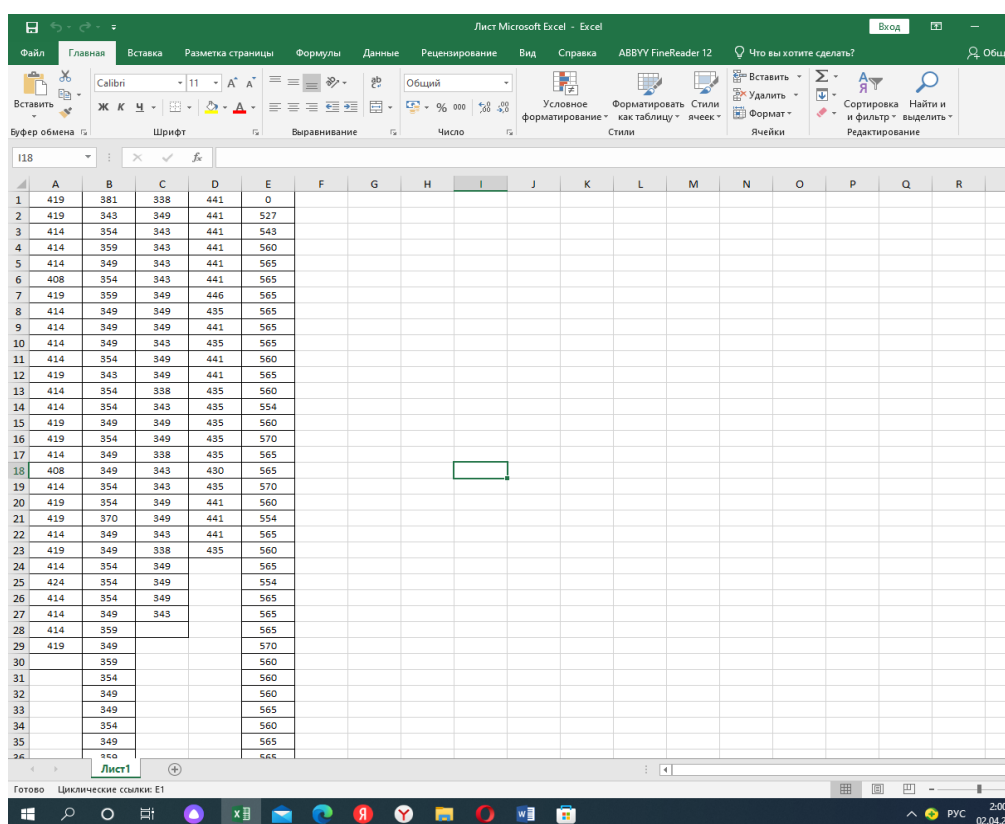


Рис. 14 Таблицы Excel для определения среднего значения электропроводности