

УО «Белорусский государственный медицинский университет»
Кафедра радиационной медицины и экологии

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ВИТОВСКОГО ИСТОЧНИКА

Научные руководители
ст. преподаватель
Прудников Г.А.,
Канд. биол. Наук,
доцент Хрусталёв В.В.

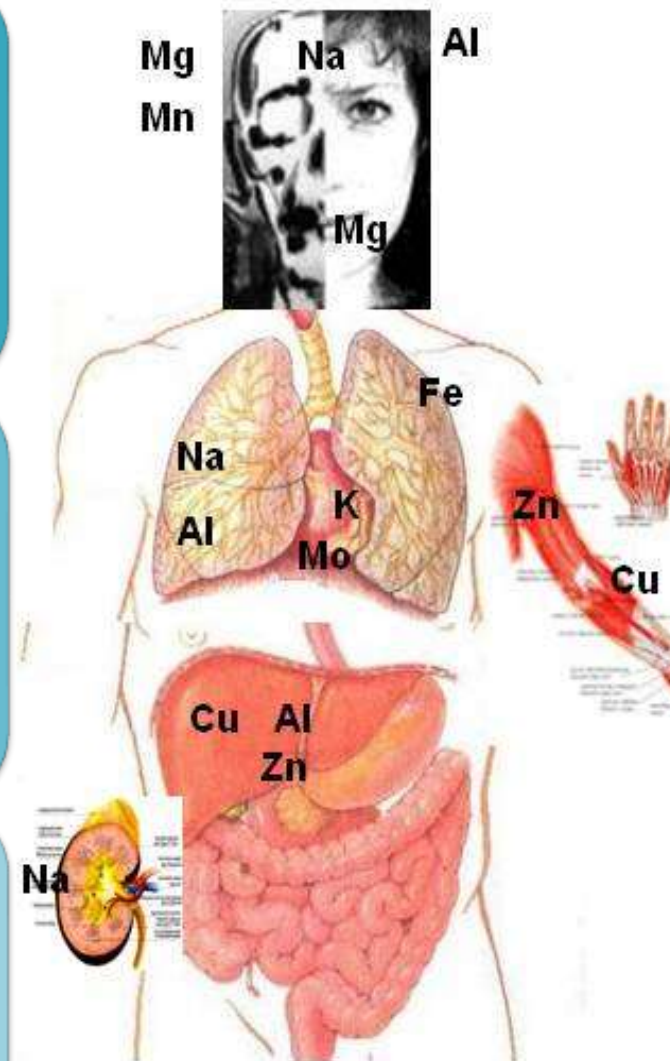
Работу выполнили студенты
лечебного факультета, 1204
группы
Езерский В.А, Шафранская М.О.

Цель работы - дать качественную оценку и провести количественный анализ химического состава воды с оценкой безопасности её потребления для организма человека.

Общеизвестна взаимосвязь состояния среды обитания человека, в частности ее химического состава, с показателями здоровья и качества жизни. Химические элементы поступают в организм человека в основном с питьевой водой и пищей. **Основная миграция и перераспределение химических элементов в биосфере происходит за счет их переноса водной средой.** Вода является важнейшей частью пищевого рациона человека, она необходима для усвоения компонентов пищи и выведения продуктов их метаболизма.

На состав питьевой воды влияет множество различных факторов, но определяющими являются **уровень локального и регионального геохимического фона и антропогенный фактор.** Водные источники загрязняются токсичными химическими элементами, содержащимися в производственных выбросах, а так же минеральными удобрениями и пестицидами, используемыми в сельском хозяйстве. Эти факторы негативно влияют на качество питьевой воды, что может оказывать отрицательное воздействие на организм человека и вызывать различные патологические состояния.

Несмотря на то, что вода не является основным источником микроэлементов, ее роль в обеспечении ими организма может быть значительна. Поэтому изучение содержания микроэлементов в воде и влияния их на здоровье человека является актуальным. Недостаток или избыток минеральных веществ в организме приводит к возникновению тех или иных патологических изменений или специфических заболеваний – **микроэлементозов.** Поэтому проблема обеспечения населения высококачественной питьевой водой носит первостепенное значение.



Информация об источнике

Сельскохозяйственные угодья,
оказывающие влияние на населенный пункт



Трасса Р1

В населенном пункте **Витовка** Дзержинского района Минской области находится **источник**, воду из которого население считает чудодейственной и целебной. Из-за чего множество людей из всей республики приезжают к источнику с целью набора воды для последующего потребления. Но если проанализировать **местоположение** данного источника, можно усомниться в качестве массово-потребляемой воды. Так как деревня Витовка окружена **большой площадью сельскохозяйственных угодий**, так же она находится в непосредственной близости от **крупной автомагистрали Р1**, так же недалеко располагается город Фаниполь с развитой промышленностью.

Вода для анализа была собрана в соответствии со всеми правилами и рекомендациями РНПЦ Гигиены г.Минска по отбору воды из скважины питьевого нецентрализованного водоснабжения, а именно:

1. Для отбора использовалась чистая пластиковая емкость;
2. Перед отбором пробы вода сливалась в течение 25 минут;
3. Непосредственно перед отбором ёмкость и крышка несколько раз ополаскивалась водой, подлежащей анализу;
4. При заполнении емкости, для наименьшего соприкосновения с воздухом, вода набиралась по стенке, тонкой струей;
5. Не оставляя воздуха в бутылке, вода набиралась в под крышку.



Органолептические свойства

Исследование органолептических свойств – это первая ступень контроля качества воды

Запах воды характеризуется видами запаха и интенсивностью запаха. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов.

Цветность - показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений. Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа, сточные воды некоторых предприятий также могут создавать окраску воды.

Мутность также определяется концентрацией и размером твердых частиц. Эти частицы по происхождению делятся на глины, волокна, органические взвеси (остатки растений и животных) природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения.

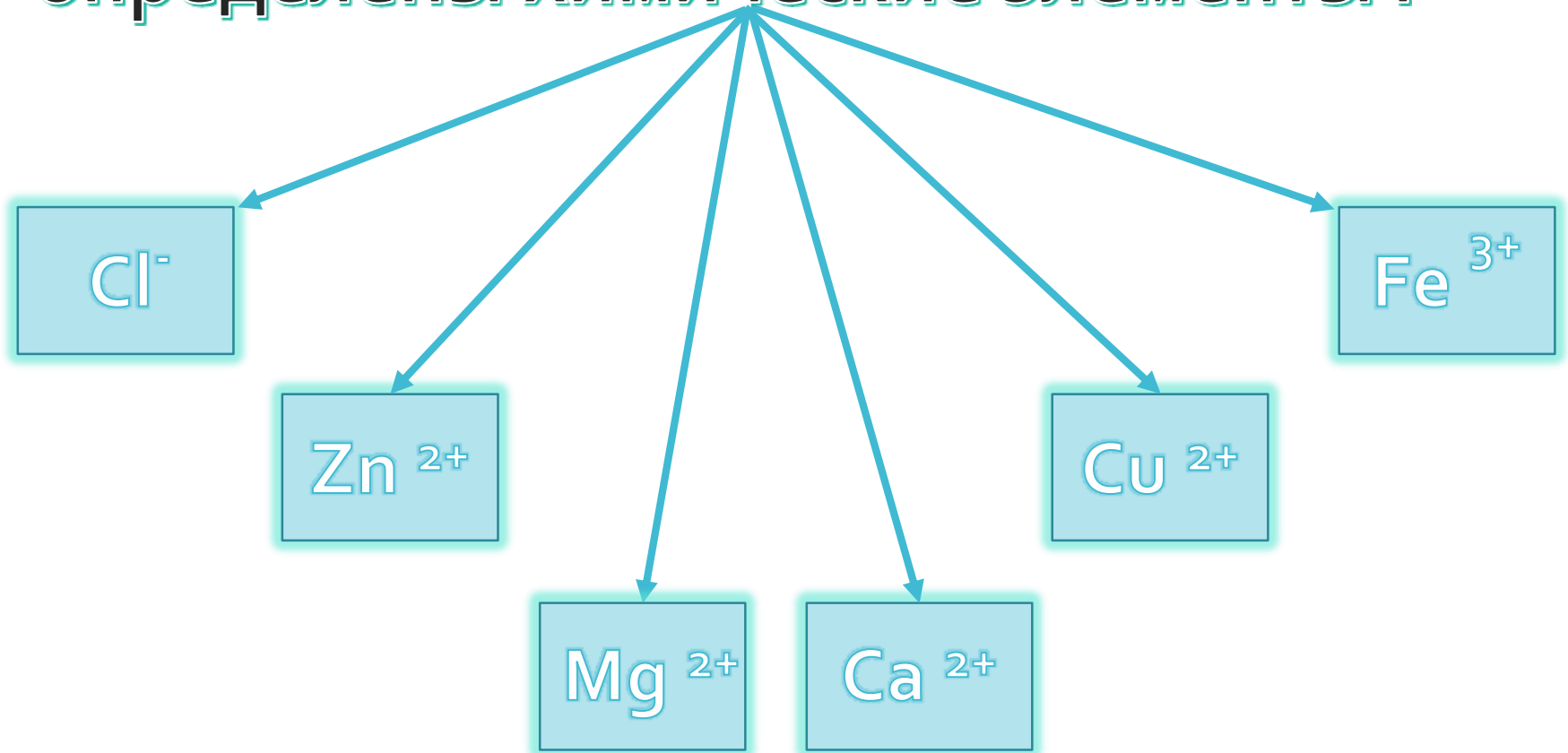


Когда вода имеет незначительные окраску и мутность, и их определение затруднительно, пользуются показателем "прозрачность".

Вкус и привкус различают 4 вида вкусов: соленый, горький, сладкий, кислый. Качественную характеристику оттенков вкусовых ощущений - **привкуса** - выражают описательно: хлорный, рыбный, горьковатый и так далее. Наиболее распространенный соленый вкус воды чаще всего обусловлен растворенным в воде хлоридом натрия, горький - сульфатом магния, кислый - избытком свободного диоксида углерода и т.д.

Т.о. исследуемая вода определяется, как **прозрачная, без запаха, цвета и вкуса.**

В воде из Витовского источника были определены химические элементы :





Железо – один из самых распространенных элементов в природе. Его содержание в земной коре составляет около **4,7 % по массе**. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях.

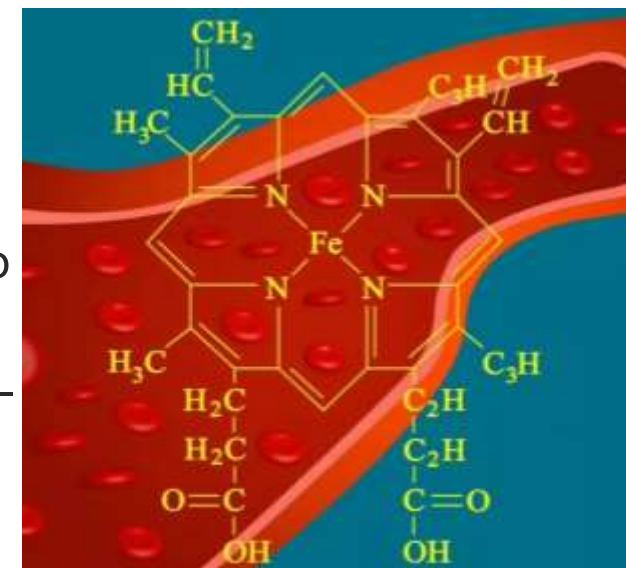
Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и сельскохозяйственными стоками.

Воздействие на организм

Железо является жизненно важным микроэлементом. В организме человека железо входит в состав важнейших органических соединений – **гемоглобина крови** и **ряда ферментов**.

Основной путь поступления железа в организм человека - с пищей. По оценкам ВОЗ доля воды в общем объеме естественного поступления железа в организм человека **не превышает 10%**, при том, что железо – трудно усваиваемый элемент, особенно в неорганической форме (в которой оно в основном и содержится в воде). Однако в больших количествах железо способно вызвать **нарушения** и даже **патологии**.

Этот элемент способен накапливаться до токсической концентрации в органах и тканях. Железо может создавать благоприятные условия для роста микроорганизмов и клеток **злокачественных опухолей**, а также дополнительно **стимулировать канцерогенное действие** свободных радикалов.



0,3 мг/л

800 млн. человек в мире
страдают
железодефицитной
анемией

Принцип определения Fe^{3+} в исследуемой пробе - фотометрическое определение концентрации вещества в растворе по измеренному значению оптической плотности при помощи калибровочного графика, построенного по серии стандартных растворов.

Для определения содержания железа в пробе мы основывались на том факте, что ион железа Fe^{3+} с ионами SCN^- образует ряд комплексных ионов кроваво-красного цвета, и следовательно по интенсивности окраски можно судить о концентрации ионов железа в пробе (определяется путём фотометрии). В мерные колбы емкостью 50 мл последовательно вливаем 1; 2; 4; 6; 8; 10 мл рабочего

раствора соли железа; добавляем в каждую из колб по 1 мл HNO_3 и по 5 мл роданида аммония. Одновременно готовим раствор сравнения: в мерную колбу на 50 мл приливаем все реагенты, кроме соли железа. Во всех колбах объем растворов доводим до метки дистиллированной водой и измеряем оптические плотности растворов в кюветах с толщиной слоя 1 см при длине волны 480 нм при помощи фотоколориметра (SOLAR PV1251C), (Рис.1)

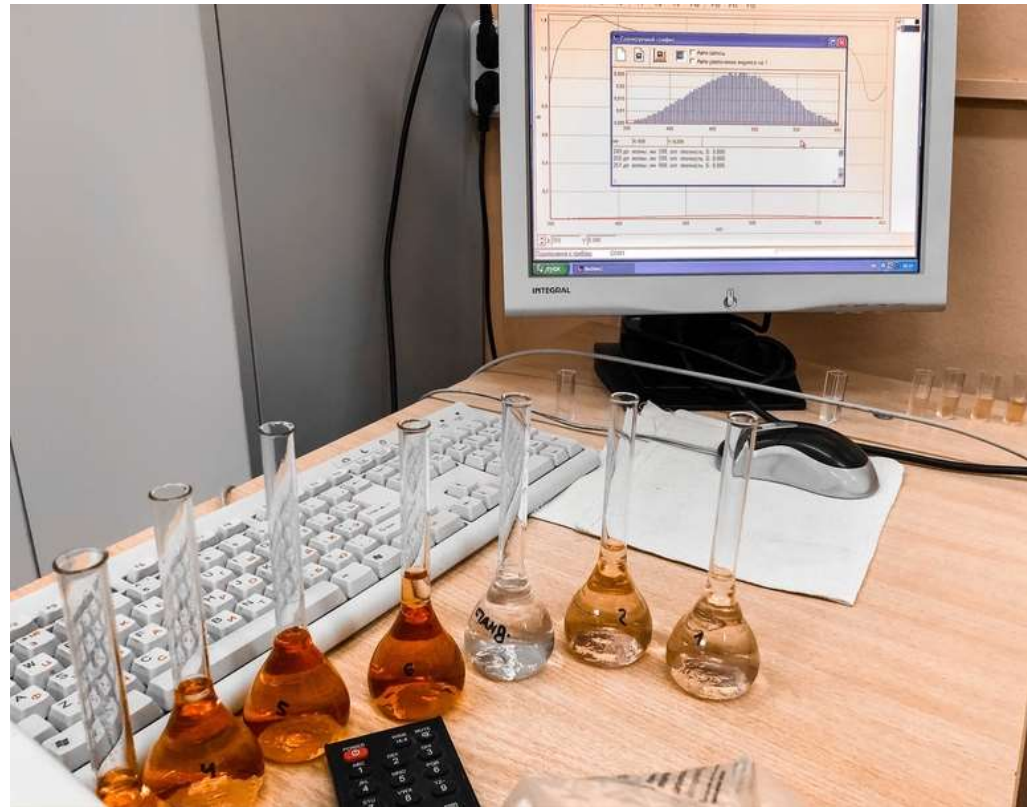


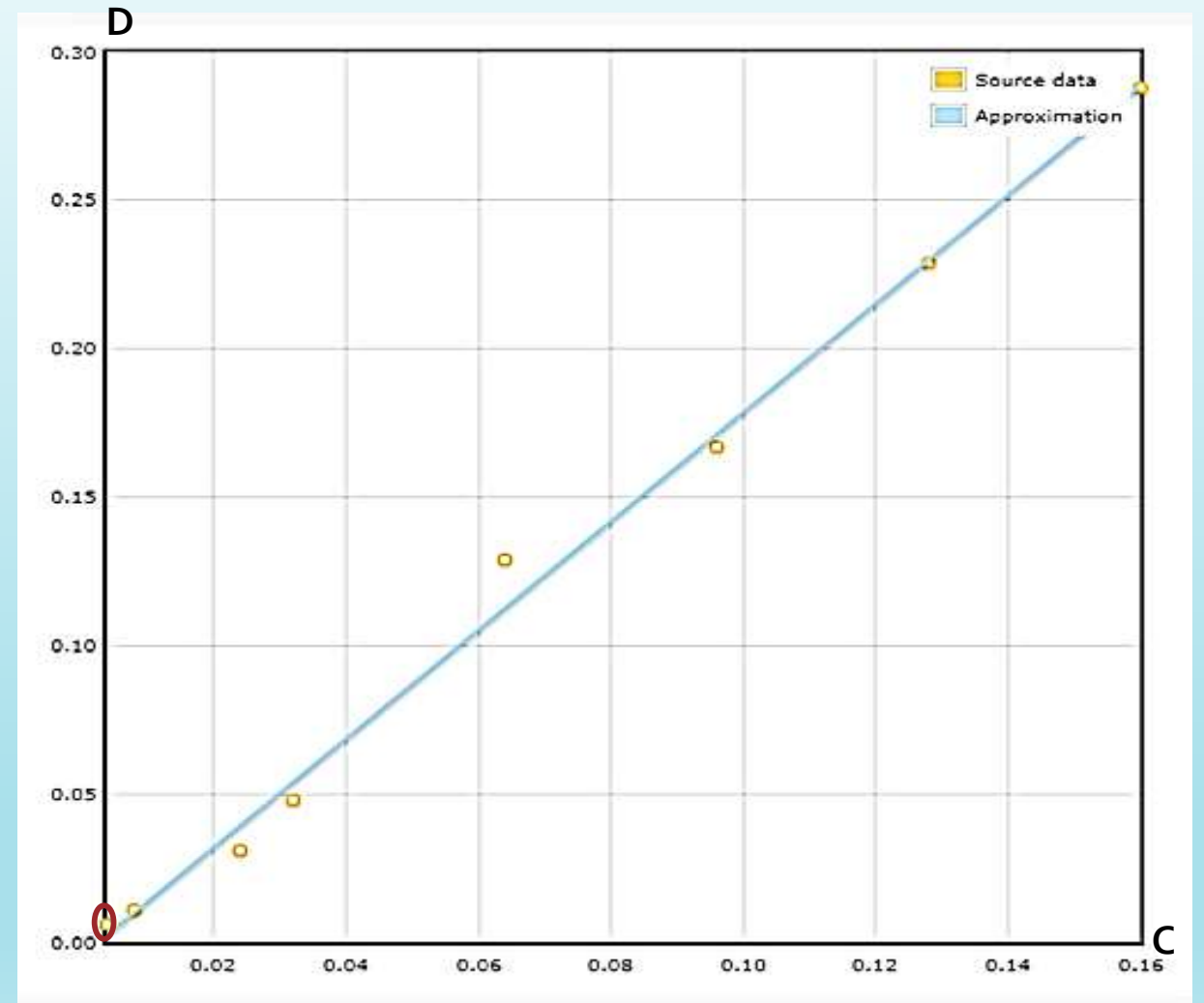
Рис.1 - измерение оптической плотности растворов

Строим калибровочный график $D=f(C)$, выражающий зависимость оптической плотности окрашенного раствора от его концентрации (табл. 1). На оси ординат наносят значения оптической плотности, а на оси абсцисс – соответствующие им значения концентрации раствора, в моль/л.

Табл.1
Концентрации и оптическая плотность опытных растворов

№ пробы	D, оптическая плотность	c, ммоль/л
опыт	0,006	0,0039
0,5	0,011	0,008
1,50	0,031	0,024
2	0,048	0,032
3	0,129	0,064
4	0,167	0,096
5	0,229	0,128
6	0,288	0,16

Опустив перпендикуляр от значения оптической плотности раствора (D), к оси концентрации (C), определяем концентрацию ионов железа в опытном растворе. Т.о. концентрация ионов Fe^{3+} в воде Витовского источника составила **0,0039 ммоль/л.**



$$m(Fe^{3+}) = n(Fe^{3+}) * M(Fe^{3+}) = 0,0039 \text{ ммоль/л} * 55.846 \text{ г/моль} = 0,217 \text{ мг/л}$$

В пределах нормы



Cl⁻

Почти все природные воды содержат **хлорид-ионы**. Их концентрации меняются в широких пределах от нескольких миллиграммов на литр до довольно высоких концентраций в морской воде. Присутствие хлоридов объясняется присутствием в породах наиболее распространенной на Земле соли – хлорида натрия. Преимущественно, **повышенное содержание хлоридов объясняется загрязнением водоема сточными водами**. Концентрация хлоридов подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды.

Влияние на организм человека воды, содержащей избыточное количество хлоридов:

- раздражение слизистых оболочек, глаза, кожных покровов, дыхательных путей;
- негативное воздействие на секреторную деятельность желудка;
- ухудшение пищеварения;
- нарушение водно-солевого баланса;
- возрастание вероятности развития заболеваний системы кровообращения (возрастает частота сердечно сосудистых заболеваний, появляется склонность к гипертензивным состояниям, повышенной реактивности сосудов);
- появление склонности к возникновению новообразований мочеполовых органов, органов пищеварения, желудка, пищевода;
- Возрастает вероятность желче- и мочекаменных заболеваний.



до 350мг/л

Принцип определения - хлориды определяют титрованием пробы анализируемой воды нитратом серебра в присутствии хромата калия как индикатора.

В частности был использован метод **осадительного титрования** пробы анализируемой воды AgNO_3 в присутствии K_2CrO_4 как индикатора. AgNO_3 дает с хлорид-ионами белый осадок, а с K_2CrO_4 — кирпично-красный осадок Ag_2CrO_4 . Из образовавшихся осадков меньшей растворимостью обладает AgCl . Поэтому, лишь после того, как хлорид-ионы будут связаны, начинается образование красного Ag_2CrO_4 . **Появление оранжево-бурой окраски свидетельствует о конце реакции** (Рис. 2). Титрование можно проводить в нейтральной или слабощелочной среде. Если pH исследуемой пробы меньше 7, анализируемую воду нейтрализуют 0,01 М раствором гидрокарбоната натрия, а если больше - 0,01 М раствором серной кислоты. Контроль за pH ведут с помощью универсальной лакмусовой бумажки.

Вычисление результатов анализа проводилось по формуле:

$$C(\text{Cl}^-)\text{мг/л} = \frac{V(\text{AgNO}_3) C(\text{AgNO}_3) M(\text{Cl}^-) 1000}{V(\text{пробы})} = 4,96 \text{ мг/л}$$



Рис. 2
Процесс образования
кирпично-красного
осадка

Жёсткость

Жёсткость воды — совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом, **кальция и магния**.

Мягкая вода (от 1,5 до 4 мг-экв/л)

Мягкую воду получают путем перегонки и дистилляции. Регулярно пить мягкую воду не рекомендуется. Из-за **низкого содержания минеральных веществ** она вымывает из организма полезные микроэлементы. Её постоянное употребление может привести к **ломкости костей, кариесу и ослаблению иммунитета**. Недостаток кальция в организме нередко провоцирует **ослабление функций опорно-двигательного аппарата**, а нехватка магния способна спровоцировать **инфаркт миокарда**.

Жесткая вода (жесткая — от 8 до 12 мг-экв/л)

Жесткая вода еще более вредна для нашего организма. Вода с чрезмерным содержанием минералов (более 10 мг-экв/л) чрезмерно **страдает сердечно-сосудистая система**. Продолжительное использование жесткой воды чревато возникновением **заболеваний суставов** (артритов, полиартритов), образованием **камней в почках и желчных путях**. Соли кальция и магния, соединяясь с животными белками пищи, оседают на стенках пищеварительного тракта, **осложняют перистальтику, вызывают дисбактериоз, нарушают работу ферментов**. Постоянное употребление воды с повышенной жесткостью приводит к снижению моторики желудка и **накоплению солей в организме**.

7-10 мг-экв/л

Принцип определения - при определении жёсткости воды определяется содержание кальция и магния трилонометрическим методом, в среде аммиачно-хлоридного буфера с «эриохромом чёрным Т» (Рис.3), трилон Б взаимодействует с ионами обоих металлов и полученный эквивалентный объём трилона V_1 отвечает суммарному содержанию кальция и магния. Затем титрование повторяют в сильнощелочной среде, при $pH = 13-14$ с «мурексидом» (Рис.4). При этом эквивалентный объём V_2 отвечает содержанию в пробе только кальция. Содержанию магния соответствует разность полученных эквивалентных объёмов $DV = V_1 - V_2$.

Рис.3

Определение суммарного содержания кальция и магния

Титрование трилоном Б проводится до перехода окраски из красной в синюю



Рис.4

Определение содержания кальция

Титрование трилоном Б проводится до перехода окраски из розовой в сиреневую



Вычисляется общее содержание кальция и магния в растворе (общая жесткость):


$$C_M (\text{Ca, Mg}) = \frac{C(\text{ТрБ}) \cdot V^{\text{cp}}(\text{ТрБ})_1}{V_a} = 0,0006 \text{ моль/л}$$

Для определения молярной концентрации магния (II) в растворе:

Вычисляется молярная концентрация кальция (II):

$$C_M (\text{Ca}) = \frac{C(\text{ТрБ}) V^{\text{cp}}(\text{ТрБ})_2}{V_a} = 0,0003 \text{ моль/л}$$

$$C_M (\text{Mg}) = \frac{C(\text{ТрБ})(V^{\text{cp}}(\text{ТрБ})_1 - V^{\text{cp}}(\text{ТрБ})_2)}{V_a} = 0,0003 \text{ моль/л}$$



Для численного выражения жесткости воды указывают концентрацию в ней катионов кальция и магния. Рекомендованная единица СИ для измерения концентрации — моль на кубический метр ($\text{моль}/\text{м}^3$), однако, на практике для измерения жесткости используются градусы жесткости и миллиграммы эквивалента на литр ($\text{мг-экв}/\text{л}$).

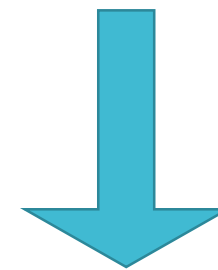
Один $\text{мг-экв}/\text{л}$ соответствует содержанию в литре воды 20,04 миллиграмм Ca^{2+} или 12,16 миллиграмм Mg^{2+} (атомная масса деленная на валентность).

жесткость выражается в градусах жесткости ($^\circ\text{Ж}$), что соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной $1/2$ его моля, выраженной в $\text{мг}/\text{дм}^3$ ($\text{г}/\text{м}^3$) ($1^\circ\text{Ж} = 1 \text{ мг-экв}/\text{л}$).

Таким образом:

- 1) Содержание $\text{Ca}^{2+} = 0,003 \text{ моль}/\text{л} * 40 \text{ г}/\text{моль} = 12 \text{ мг}/\text{л}$
- 2) Содержание $\text{Mg}^{2+} = 0,003 \text{ моль}/\text{л} * 24 \text{ г}/\text{моль} = 7,2 \text{ мг}/\text{л}$

Жесткость
опытной пробы
равна
0,6 мг-экв/л



Вода очень мягкая



Жесткость воды поверхностных источников существенно колеблется в течение года; она максимальна в конце зимы, минимальна — в период паводка (например, жесткость волжской воды в марте — $4,3^\circ\text{Ж}$, в мае — $0,5^\circ\text{Ж}$). В подземных водах жесткость обычно выше (до $80-100^\circ\text{Ж}$) и меньше изменяется в течение года.

Cu²⁺

Медь – элемент, необходимый для нормального функционирования здорового организма, нормы СанПин допускают содержание меди в воде на уровне не более 1 мг/л. Избыток данного металла в питьевой воде может приводить к сильным отравлениям и тяжёлым заболеваниям. Не смотря на свою распространённость в земной коре, в воду медь попадает в основном с шахтными водами, стоками химических и металлургических предприятий или при использовании альдегидных реагентов при очистке водоёмов от водорослей.

Чем опасна медь в воде?

Эксперты относят медь к веществам **третьего класса опасности**. Особенно токсичны соединения этого вещества. При остром отравлении медью симптомы легко перепутать с ОРВИ:

- раздражение слизистых,
- неприятный сладковатый привкус во рту,
- головная боль, слабость,
- конъюнктивит,
- боли в мышцах,
- повышенные температура и потоотделение,
- резкие боли в желудочно-кишечном тракте и вздутие живота.

Если постоянно употреблять воду с повышенным содержанием солей меди, то происходят серьёзные **нарушения в работе центральной нервной системы, почек и печени**. Избыток вещества способствует разрушению зубов, возникновению тяжёлых дерматитов, гастрита и язвенных болезней.



до 1 мг/л

Принцип определения- в работе определялась концентрация меди (2+) в отдельных пробах титрованием с трилоном Б в присутствии индикатора «мурексид» в щелочной среде.

Выполнение работы:

1. Отбираем мерной пипеткой в конические колбы аликвоты объёмом 5 мл.
2. Приливаем дистиллированную воду до объёма 25 мл.
3. Добавляем по каплям при перемешивании аммиак до получения прозрачного синего раствора.
4. Добавляем немного сухого индикатора «мурексид».
5. Титруем раствором трилона Б до перехода окраски индикатора в эквивалентной точке от жёлтой (хаки) к сиренево-фиолетовой.

При проведении нами опыта не наблюдался переход окраски раствора в эквивалентной точке. Следовательно концентрация ионов Cu^{2+} в растворе ниже разрешающей способности данного метода

Определение разрешающей способности метода:

$$C(\text{ТрБ}) = 0,05 \text{ моль/л}$$

$$V(\text{капли}) = 0,05 \text{ мл} (0,00005 \text{ л})$$

$$M(\text{Cu}^{2+}) = 63,546 \text{ г/моль}$$

$$V(\text{пробы}) = V(\text{аликвоты}) + V(\text{дист. воды}) \\ = 0,005 + 0,025 = 0,03 \text{ (л)}$$

следовательно

$$\frac{0,05 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 0,00005 \text{ л} * 0,03 \text{ л}}{0,005 \text{ л}} = 0,000015 \text{ моль/л,}$$

следовательно в растворе минимально можно определить концентрацию металла = 0,000015 моль/л

Рассчитываем минимальную для применения данного метода массу ионов Cu^{2+} :

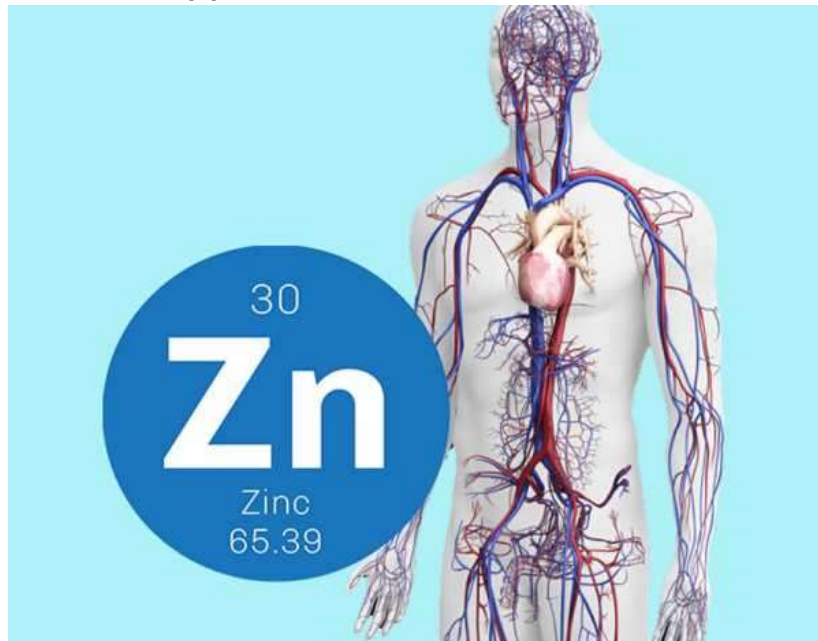
$$m(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{Cu}^{2+}) * M(\text{Cu}^{2+}) = 0,000015 \text{ моль/л} * 63,546 \text{ г/моль} = 0,9532 \text{ мг/л}$$

Концентрация Cu^{2+} ниже разрешающей способности используемого метода, следовательно находится в пределах нормы

Zn^{2+}

Цинк – один из важных биологически активных элементов, который входит в состав многих ферментов, участвующих в белковом обмене, а также в состав гормона инсулина. Так как цинк содержится во многих продуктах питания, питьевая вода не должна быть перенасыщена данным элементом. Цинк – энергичный водный мигрант, он активно мигрирует в поверхностных и подземных водах. Известно, что дополнительный приход цинка в почву возможен в зонах воздействия различных промышленных производств. Систематическое употребление воды с превышенным показателем цинка приводит к **ухудшению состояния кожи и ногтей, выпадению волос**. Заметно ослабевают функции предстательной железы, поджелудочной железы и печени. Всё это может приводить к таким серьёзным последствиям, как **бесплодие, задержки в росте, аутоиммунные заболевания, почечная недостаточность**. Слишком большое содержание ионов цинка в воде **препятствует нормальному усвоению меди, марганца и железа** из пищи, что вызывает их **вторичный дефицит**. Это также способствует разрушению костной ткани и ослаблению сухожильных рефлексов. Особенно чувствительны к токсичным веществам маленькие дети.

5 мг/л



Принцип определения - в работе определяют концентрации цинка в отдельных пробах титрованием с трилоном Б в присутствии индикатора «эриохром черный Т» в щелочной среде.

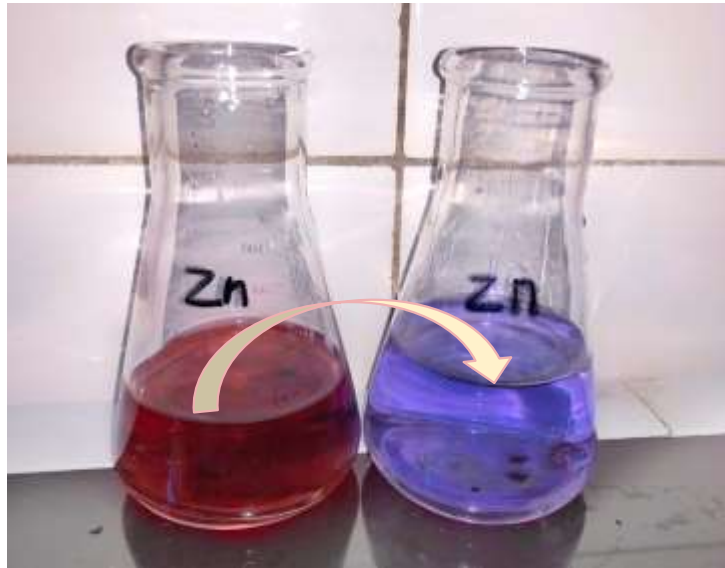


Рис. 6 - определение содержания цинка (слева - раствор до проведения титрования, справа - раствор после проведения титрования раствором трилоном Б)

Выполнение работы:

1. Отобрать мерной пипеткой в конические колбы аликвоты объемом 5 мл.
2. Прилить дистиллированную воду до объема 25 мл.
3. Мерным цилиндром добавить 5 мл хлорида аммония.
4. Прибавить немного сухого индикатора «эриохром черный Т»
5. Титровать раствором трилона Б до перехода окраски индикатора в эквивалентной точке от красной к синей (Рис. 6).

Расчёт концентрации цинка (II) в растворе производился по формуле:

$$C_M(\text{Me}) = \frac{C(\text{ТрБ})V^{\text{cp}}(\text{ТрБ})}{V_a} = \frac{0,05 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 0,0001 \text{ л} * 0,03 \text{ л}}{0,005 \text{ л}} = 0,00003 \text{ моль/л}$$

$$m(\text{Zn}^{2+}) = n(\text{Zn}^{2+}) * M(\text{Zn}^{2+})$$
$$= 0,00003 \text{ моль/л} * 65,38 \text{ г/моль} = 0,00196 \text{ г/л} = 1,96 \text{ мг/л}$$

Концентрация Zn^{2+} в опытном растворе в пределах нормы

Результаты и их обсуждение

- Оценка результатов проводилась в соответствии с постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №105 «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения».
- В соответствии с требованиями к качеству воды нецентрализованного водоснабжения питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, **безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства**. Контроль качества питьевой воды в указанном документе предусматривает строгую регламентацию предельно допустимых концентраций различных микроэлементов.
- Проведенными исследованиями установлено содержание микроэлементов в воде из Витовского источника
Железа = 0,217 мг/л;
Цинка = 1,96 мг/л;
Меди < 0,9532 мг/л;

Концентрации не превышают предельно-допустимых норм

Следует отметить, что в 100% образцов содержание и меди находится ниже чувствительности используемого метода.

Содержание хлоридов в оде так же находится в пределах законодательно закрепленной нормы и равно 4,96 мг/л.

В ходе анализа пробы воды на жесткость, она была определена как очень мягкая.

Выводы:

В ходе анализа качественных характеристик и количественного химического состава воды из Витовского источника не было выявлено нарушений в соответствии с постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №105 «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения».

Для рекомендации данной воды к употреблению населением необходим более полный анализ, в ходе которого станет возможным определение физиологической полноценности воды и отнесению ее к разряду физиологически полноценной /неполноценной.

Оценка физиологической полноценности предусматривает анализ качества питьевой воды по трем группам нормативов, охватывающим **органолептические свойства** воды (органолептические показатели), **безвредность химического состава** (санитарно-токсикологические показатели) и **эпидемиологическую безопасность** воды (бактериологические показатели).

Т.е. для предоставления более полной и достоверной информации по качеству воды из данного источника необходимо провести дополнительные исследования.

На данном этапе вода имеет благоприятные органолептические свойства, химический состав оценивается как безвредный.