

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа им. А. Ларионова» г. Емвы
Княжпогостский район
Республики Коми

Исследование воды различных источников города Емвы

Автор:
Лопатина Софья Андреевна,
учащаяся 9 «б» класса

Руководитель:
Коношенкова Роза Петровна,
учитель химии

г. Емва, 2019

Оглавление

Введение.....	стр. 3
1. Литературный обзор.....	4
2. Материал и методика исследования.....	8
3. Результаты исследования и их обсуждение.....	12
Выводы.....	16
Использованные источники.....	17
Приложения.....	18

Введение

Вода является главной составляющей частью любого организма. Она нужна везде без исключений – в быту, промышленности, в сельском хозяйстве. Также стоит отметить, что питьевая вода необходима нашему организму. Как известно, без еды человек может существовать на протяжении четырех недель, а без воды – только несколько дней. Исходя из этого факта, можно с уверенностью сказать, что здоровье человека неразрывно связано с водой. Питьевая вода выступает в качестве и так называемого температурного регулятора. Она является важнейшим элементом при построении тканей всего тела человека.

Если сократить привычную норму потребления питьевой воды, то человек может просто-напросто заболеть, а организм не сможет функционировать должным образом. Конечно же, вода человеку необходима не только лишь для питья, но и для бытовых нужд и гигиены. Мир, в котором мы живем, является достаточно загрязненным. Именно поэтому мы должны употреблять качественную питьевую воду не только для питья, но и для бытовых нужд. [4].

Выделяют различные виды источников водопотребления, например, водопровод, колодцы, артезианские скважины, подземные источники и поверхностные источники и др.

Среди нормативов качества воды устанавливаются лимитирующие показатели вредности – органолептические, санитарно-токсикологические. Так, к органолептическим лимитирующим показателям относятся нормативы для тех веществ, которые вызывают неудовлетворительную органолептическую оценку (по вкусу, запаху, цвету, пенности) при концентрациях, находящихся в пределах допустимых значений. Ряд показателей качества воды, так или иначе связан с определением концентрации растворенных в воде различных минеральных веществ. Содержащиеся в воде минеральные соли вносят разный вклад в общее солесодержание, которое может быть рассчитано суммированием концентраций каждой из солей.

Цель работы: исследование воды, взятой из разных источников на территории г. Емвы, в условиях школьной лаборатории.

Задачи

- 1) определить органолептические свойства воды;
- 2) определить минеральный состав воды;
- 3) сравнить результаты анализа водопроводной воды г. Емвы с показателями водопроводной воды г. Сыктывкара.

Гипотеза: предполагается, что питьевая вода в городе Емва не очень хорошего качества.

Актуальность работы: данная работа актуальна, т.к. при исследовании воды можно узнать о качественном составе воды, ее органолептических свойствах, что непосредственно связано со здоровьем человека.

Объект работы: питьевая вода города Емвы.

Предмет работы: качественный состав воды города Емвы.

1. Литературный обзор

По нормативам качества, определяющим наличие и допустимые концентрации примесей, воды разделяют на питьевую, природную (водоемов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения) и сточную (нормативно очищенные, стоки неизвестного происхождения, ливневые).

Иногда выделяют также различные виды источников водопотребления, например, водопровод, колодцы, артезианские скважины, подземные источники и поверхностные источники. Подобное выделение проводится в тех случаях, когда необходимо учесть специфику источника либо, когда можно ожидать какие-либо характерные способы загрязнения воды, а также пути распространения загрязнений.

Среди нормативов качества воды устанавливаются лимитирующие показатели вредности – органолептические, санитарно-токсикологические или общесанитарные. Лимитирующий показатель вредности объединяет группу нормативов для веществ, вредное воздействие которых на организм человека и окружающую среду наиболее выражено именно в данном отношении. Так, к органолептическим лимитирующим показателям относятся нормативы для тех веществ, которые вызывают неудовлетворительную органолептическую оценку (по вкусу, запаху, цвету, пенистости) при концентрациях, находящихся в пределах допустимых значений.

В местах водозабора микробиологические и органолептические пробы из подземных источников берутся не реже 4 раз в год (по сезонам); из поверхностных источников – не реже 12 раз. Неорганические/органические пробы из подземных источников – раз в году и из поверхностных – ежесезонно. Радиологические – независимо от источника – раз в год.

Соответствие нормам качества питьевой воды с высокой степенью достоверности определяется даже в домашних условиях. Для этого применяют переносные анализаторы, подающиеся уже с готовым к использованию набором реактивов. [6]

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети. Гигиенические требования к питьевой воде отображены в таблице 1. [3]

Таблица 1. Общие требования к составу и свойствам воды объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Показатели	Объекты	
	Централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения	Культурно бытового водопользования
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более, чем на 0,25 мг/л -0,75 мг/л	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и скопление других примесей,	
Запахи привкусы	Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые непосредственно или при последующем хлорировании. Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу, рыбе	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике 20 см 10 см	
Реакция	Не должна выходить за пределы pH 6,5 -8,5	
Минеральный состав	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л, сульфатов 500 мг/л, нормируется по приведенному выше показанию «привкусы»	
Биохимическая потребность в кислороде	Полная потребность воды при 20°C не более 3 мг/л.	
Бактериальный состав	Вода не должна содержать возбудителей кишечных заболеваний. Число бактерий группы кишечных палочек не более 10 000 в/л	
Токсические химические вещества	Не должны содержаться в воде в концентрациях, превышающих нормативы (ПДК)	

Химический состав водопроводной воды влияние на организм человека. Химические вещества поступают в организм человека не только при прямом потреблении воды в питьевых целях и при приготовлении пищи, а также и косвенно. Например, при вдыхании летучих веществ и кожном контакте во время принятия водных процедур. Вода, текущая из наших кранов, имеет определенный химический состав. Химические вещества, содержащиеся в воде, можно разделить на несколько групп.

Первая группа объединяет вещества, которые наиболее часто встречаются в природной воде. К ним можно отнести фтор (F), железо (Fe), медь (Cu), марганец (Mn), цинк (Zn), ртуть (Hg), селен (Se), свинец (Pb), молибден (Mo), нитраты, сероводород (H₂S) и др. Вторая большая группа – это вещества, остающиеся в воде после реагентной обработки: коагулянты (сульфат алюминия), флокулянты (полиакриламид), реагенты, предохраняющие водопроводные трубы от коррозии (остаточные триполифосфаты), а также остаточный хлор. К третьей группе относятся химические вещества, которые попадают в водоемы со сточными водами (бытовые, промышленные отходы, поверхностные стоки сельскохозяйственных угодий, которые были обработаны химическими средствами защиты растений: гербицидами и минеральными удобрениями). Это пестициды, тяжелые металлы, детергенты, минеральные удобрения и др. К четвертой группе относятся вещества, которые могут попадать в воду из водопроводных труб, переходников, соединений, сварочных швов и др. (медь, железо, свинец) [5].

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- 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 1);

- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека. [8]

Органолептические показатели воды. Любое знакомство со свойствами воды, сознаем мы это или нет, начинается с определения органолептических показателей, т.е. таких, для определения которых мы пользуемся нашими органами чувств (зрением, обонянием, вкусом). Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов. К органолептическим характеристикам относятся цветность, мутность (прозрачность), запах, вкус и привкус, пенность. [2]

Цветность воды – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Цветность воды может определяться свойствами и структурой дна водоема, характером водной растительности, прилегающих к водоему почв, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников и др. [2]

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в воду естественным путем либо со сточными водами. Практически все органические вещества (в особенности жидкие) имеют запах и передают его воде. Обычно запах определяют при нормальной (20°С) и при повышенной (60° С) температуре воды.

Мутность воды обусловлена содержанием взвешенных в воде мелкодисперсных примесей – нерастворимых или коллоидных частиц различного происхождения. Мутность воды обуславливают и некоторые другие характеристики воды – такие, как:

- наличие осадка, который может отсутствовать, быть незначительным, заметным, большим, очень большим, измеряясь в миллиметрах;

- взвешенные вещества, или грубодисперсные примеси, – определяются гравиметрически после фильтрования пробы, по привесу высушенного фильтра. Этот показатель обычно малоинформативен и имеет значение, главным образом, для сточных вод.

Прозрачность воды, измеряется как высота столба воды, при взгляде сквозь который можно различать узнаваемый знак (отверстия на диске, стандартный шрифт, крестообразная метка и т.п.). [2]

Пенистостью считается способность воды сохранять искусственно созданную пену. Данный показатель может быть использован для качественной оценки присутствия таких веществ, как детергенты (поверхностно-активные вещества) природного и искусственного происхождения и др. Пенистость определяют, в основном, при анализе сточных и загрязненных природных вод. [2]

Минеральный состав воды отражает результат взаимодействия воды как физической фазы и среды жизни с другими фазами (средами): твердой, т.е. береговыми и подстилающими, а также почвообразующими минералами и породами; газообразной (с воздушной средой) и содержащейся в ней влагой и минеральными компонентами. Кроме того, минеральный состав воды обусловлен целым рядом протекающих в разных средах физико-химических и физических процессов – растворения и кристаллизации, пептизации и коагуляции, седиментации, испарения и конденсации и др. Большое влияние на минеральный состав воды поверхностных водоемов оказывают протекающие в атмосфере и в других средах химические реакции с участием соединений азота, углерода, кислорода, серы и др.

Ряд показателей качества воды, так или иначе, связан с определением концентрации растворенных в воде различных минеральных веществ. Содержащиеся в воде минеральные соли вносят разный вклад в общее солесодержание, которое может быть рассчитано суммированием концентраций каждой из солей. Пресной считается вода, имеющая общее солесодержание, или минерализацию, не более 1 г/л. Среди пресных вод, в зависимости от величины солесодержания (в мг/л), выделяют воды ультрапресные (менее 100), маломинерализованные (100–200), среднеминерализованные (200–500) и повышенной минерализации (500–1000) [2]. При величине солесодержания от 1 до 25 г/л воду считают солоноватой. Можно выделить две группы минеральных солей, обычно встречающихся в природных водах (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Основные компоненты минерального состава воды

Компонент минерального состава воды	Предельно допустимая концентрация (ПДК)
Группа 1	
<i>1. Катионы:</i>	
Кальций (Ca ²⁺)	200 мг/л
Натрий (Na ⁺)	200 мг/л
Магний (Mg ²⁺)	100 мг/л
<i>2. Анионы:</i>	
Гидрокарбонат (HCO ₃ ⁻)	1000 мг/л
Сульфат (SO ₄ ²⁻)	500 мг/л
Хлорид (Cl ⁻)	350 мг/л
Карбонат (CO ₃ ²⁻)	100 мг/л
Группа 2	
<i>1. Катионы</i>	
Аммоний (NH ₄ ⁺)	2,5 мг/л
Тяжелые металлы (сумма)	0,001
Железо общее (сумма Fe ²⁺ и Fe ³⁺)	ммоль/л 0,3 мг/л
<i>2. Анионы</i>	
Нитрат (NO ₃ ⁻)	45 мг/л
Ортофосфат (PO ₄ ³⁻)	3,5 мг/л
Нитрит (NO ₂ ⁻)	0,1 мг/л

Водородный показатель (pH). Водородный показатель (pH) представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе: $pH = -\lg[H^+]$. Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина $pH = 5$; дождь, имеющий $pH < 5,5$, считается кислотным дождем. В питьевой воде допускается $pH 6,0-9,0$; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – $6,5-8,5$. Величина pH природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонат-анионов и свободного CO_2 . Пониженное значение pH характерно для болотных вод за счет повышенного содержания гуминовых и других природных кислот.

Карбонаты, гидрокарбонаты представляют собой компоненты, определяющие природную щелочность воды. Их содержание в воде обусловлено процессами растворения атмосферной CO_2 , взаимодействия воды с находящимися в прилегающих грунтах известняками и, конечно, протекающими в воде жизненными процессами дыхания всех водных организмов.

Сульфаты – распространенные компоненты природных вод. Их присутствие в воде обусловлено растворением некоторых минералов – природных сульфатов (гипс), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов. Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека, однако ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации $250-400$ мг/л. Сульфаты могут вызывать отложение осадков в трубопроводах при смешении двух вод с разным минеральным составом, например сульфатных и кальциевых (в осадок выпадает $CaSO_4$). Метод определения массовой концентрации сульфат-аниона основан на реакции сульфат-анионов с катионами бария с образованием нерастворимой суспензии сульфата бария по реакции: $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$

О концентрации сульфат-анионов судят по количеству суспензии сульфата бария, которое определяют *турбидиметрическим методом*. Предлагаемый, наиболее простой, вариант турбидиметрического метода основан на измерении высоты столба суспензии по его прозрачности и применим при концентрациях сульфат-анионов не менее 30 мг/л. Анализ выполняют в прозрачной воде (при необходимости воду фильтруют). ПДК сульфатов в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 500 мг/л, лимитирующий показатель вредности – органолептический. [2]

Хлориды присутствуют практически во всех пресных поверхностных и грунтовых водах, а также в питьевой воде в виде солей металлов. Если в воде присутствует хлорид натрия, она имеет соленый вкус уже при концентрациях свыше 250 мг/л; в случае хлоридов кальция и магния соленость воды возникает при концентрациях свыше 1000 мг/л. Именно по органолептическому показателю – вкусу установлена ПДК для питьевой воды по хлоридам (350 мг/л), лимитирующий показатель вредности – органолептический. [2] Содержание хлоридов в пресных водоемах редко превышает 40 мг/л. Увеличение содержания хлоридов указывает на их загрязнение промышленными и бытовыми стоками. [1]

Главными источниками *соединений железа* в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. 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. ПДК железа составляет $0,3$ мг/л (лимитирующий показатель вредности органолептический). По постановлению органов санэпиднадзора для конкретной системы водоснабжения содержание железа может достигать до 1 мг/л. [1]

Перманганатная окисляемость определяется по количеству кислорода, которое расходуется на окисление органических веществ в 1 л воды. Этот метод основан на способности марганцовокислого калия выделять в кислой среде атомарный кислород, окисляющий органические вещества. Окисляемость является очень удобным комплексным параметром, позволяющим оценить общее загрязнение воды органическими веществами. [1]

2. Материал и методика исследования

Жители города Емва используют разные источники воды, такие как центральное водоснабжение, колодцы, скважины. Для выявления наиболее предпочтительного источника воды, была проведено анкетирование среди учащихся школы и жителей города Емвы. Было опрошено 40 учащихся школы и 20 человек взрослых (приложение 1).

Пробы воды для исследования были взяты на территории г. Емвы:

№1 – водопровод в школе (ул. Пионерская, д. 18);

№2 – артезианская скважина (на берегу р. Вымь);

№3 – колодец (ул. Дзержинского, д. 4);

№4 – река Вымь;

№5 – дистиллированная вода (для эталона).

Качественный анализ воды проводили по методикам, описанным в книге А.Г. Муравьева «Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами» Крисмас, Санкт-Петербург, 2009 [2] и в практикуме под редакцией Иванова Е.С., Авдеева Н.В., и др. «Методы экологических исследований» «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина» Рязань, 2011[1].

Исследование проб воды проводили по органолептическим показателям и минеральному составу.

Органолептические показатели воды

Для определения *цветности воды* использовали метод качественного определения цветности. Заполнили пробирку водой до высоты 12 см. Определили цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне бумаги при достаточном дневном освещении. Характеризовали цвет воды в пробирке: бесцветная, желтая, слабо-желтая, интенсивно-желтая, светло-желтоватая, буроватая, коричневатая, красно-коричневатая или другого оттенка. Предлагаемый метод определения цветности, являющийся наиболее простым, в то же время рекомендован ГОСТ 1030.х [2]

Для определения *запаха воды* колбу, объемом 250 мл, заполнили анализируемой водой и закрыли пробкой. Взболтали содержимое вращательным движением руки. Определили запах воды (приложение 3, фото 1). При отсутствии запаха колбу нагрели до 60°C. Интенсивность запаха воды определяют при 20 и 60°C и оценивают по пятибалльной системе согласно требованиям оценочной таблицы 3. Для питьевой воды допускается запах не более 2 баллов.[2]

Таблица 3 – Шкала интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании (при нагревании воды)	1
Слабая	Запах замечается, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

Оценку *вкуса воды* проводят у питьевой природной воды при отсутствии подозрений на ее загрязненность. Различают четыре вкуса: соленый, кислый, горький, сладкий. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солонюватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.). При определении вкуса и привкуса анализируемую воду брали в рот и задерживали на 3-5 сек, не проглатывая. После определения вкуса воду

сплевывали. Интенсивность вкуса и привкуса оценивали по пятибалльной шкале, приведенной в таблице 4.

Таблица 4 – Шкала интенсивности вкуса и привкуса [9]

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Оценка интенсивности вкуса и привкуса
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

При выполнении анализа на *мутность и прозрачность* заполнили пробирку водой до высоты 10 см. Определили мутность воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении (дневном). Фиксировали: мутность не заметна (отсутствует), слабо опалесцирующая, опалесцирующая, слабо мутная, мутная, очень мутная.

Для определения прозрачности цилиндр для определения прозрачности закрепили в штативе на высоте 4 см. (приложение 3, рис. 2) Прозрачность пробы наблюдали сверху через открытое отверстие трубки при достаточном освещении от источника, расположенного сверху (приложение 3, рис. 3). Постепенно понижали уровень пробы, отбирая пипеткой воду до тех пор, пока не станет видимым образец текста.

Для выявления *пенистость* колбу на 0,5 л заполнили на 1/3 анализируемой водой, взбалтывали в течение 30 секунд (приложение 3, рис. 4). Засекали время сохранения пены. Проба считается положительной, если пена сохраняется более 1 минуты.

Минеральный состав воды

При выполнении анализа на *водородный показатель (pH)* в пробирку с анализируемой водой опускали полоску индикаторной бумаги (приложение 3, рис. 5). В питьевой воде допускается pH 6,0–9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 6,5–8,5.

Анализ на карбонатную жесткость и щелочность:

Титрование карбонат-аниона: во все пять пробирок с анализируемой водой объемом 10 мл добавили 4 капли фенолфталеина. Только во второй пробирке окраска стала малиновой, значит, в артезианской воде содержатся карбонат-ионы. (приложение 3, рис. 6) Постепенно титровали пробу с помощью мерного шприца с наконечником раствором соляной кислоты (0,05 моль/л) до тех пор, пока окраска побледнела до слабо-розовой (практически бесцветной), и определили объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину (VФ, мл) (приложение 3, рис. 7).

Титрование гидрокарбонат-аниона: в пробирки налили 10 мл анализируемой воды. Добавили пипеткой 1 каплю раствора метилового оранжевого (приложение 3, рис. 8). Примечание. Для более четкого определения момента окончания титрования определение проводили в присутствии контрольной пробы, для чего рядом с титруемой пробой помещали такую же порцию анализируемой воды (во второй склянке), добавляя такое же количество индикатора. Постепенно титровали пробу с помощью мерного шприца с наконечником раствором соляной кислоты (0,05 моль/л) при перемешивании до перехода желтой окраски в оранжевую, определяя общий объем раствора, израсходованного на титрование по метилоранжу (VМО, мл). При использовании раствора после определения карбонат-аниона определили суммарный объем, израсходованный на титрование карбоната и гидрокарбоната (приложение 3, рис. 9).

Определение карбонат-анионов основано на реакции: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$

Присутствие карбонат-аниона в концентрациях, определяемых аналитически, возможно лишь в водах, рН которых более 8,0–8,2. В случае присутствия в анализируемой воде гидроксо-анионов при определении карбонатов протекает также реакция нейтрализации: $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$

Определение гидрокарбонат-анионов основано на реакции: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Таким образом, при титровании по фенолфталеину в реакции с кислотой участвуют анионы OH^- и CO_3^{2-} , а при титровании по метиловому оранжевому – OH^- , CO_3^{2-} и HCO_3^- .

Величина карбонатной жесткости рассчитывается с учетом эквивалентных масс участвующих в реакциях карбонат- и гидрокарбонат-анионов. [2]

В зависимости от соотношения между количествами кислоты, израсходованными на титрование по фенолфталеину (VФ) и метилоранжу (VМО), по таблице 5 выбрали подходящий вариант для вычисления ионных форм, обуславливающих потребление кислоты при титровании.

Таблица 5 – Определение ионных форм, обуславливающих потребление кислоты на титрование [2]

Соотношение между V_{Φ} и V_{MO}	Вклад ионных форм в потребление кислоты		
	$V_{OH}(\text{OH}^-)$	$V_K(\text{CO}_3^{2-})$	$V_{ГК}(\text{HCO}_3^-)$
$V_{\Phi}=0$	0	0	V_{MO}
$2V_{\Phi}<V_{MO}$	0	$2V_{\Phi}$	$V_{MO}-2V_{\Phi}$
$2V_{\Phi}=V_{MO}$	0	V_{MO}	0
$2V_{\Phi}>V_{MO}$	$2V_{\Phi}-V_{MO}$	$2(V_{MO}-V_{\Phi})$	0
$V_{\Phi}=V_{MO}$	V_{MO}	0	0

$V_{\Phi} = 0$. Карбонаты, а также гидроксо-анионы в пробе отсутствуют, и потребление кислоты при титровании по метилоранжу может быть обусловлено только присутствием гидрокарбонатов. [2]

$V_{\Phi} > 0$, причем $2V_{\Phi} < V_{MO}$. В исходной пробе отсутствуют гидроксо-анионы, но присутствуют и гидрокарбонаты, и карбонаты, причем доля последних эквивалентно оценивается как $V_K = 2V_{\Phi}$, а гидрокарбонатов – как $V_{ГК} = V_{MO} - 2V_{\Phi}$. [2]

Массовые концентрации анионов рассчитываются на основании уравнений реакций потребления кислоты карбонатами (СК) и гидрокарбонатами (СГК) в мг/л по формулам:

$$C_K = \frac{V_K \times N \times 60 \times 1000}{V_A} \qquad C_{ГК} = \frac{V_{ГК} \times N \times 61 \times 1000}{V_A}$$

где: V_K и $V_{ГК}$ – объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование карбоната и гидрокарбоната соответственно, мл;

N – точная концентрация титрованного раствора соляной кислоты (нормальность), моль/л экв.;

V_A – объем пробы воды, взятой для анализа, мл;

60 и 61 – эквивалентная масса карбонат- и гидрокарбонат-аниона соответственно, в соответствующих реакциях;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерения

Карбонатную жесткость (ЖК) в ммоль/л экв. определили по формуле:

$$Ж_K = C_K \times 0,0333 + C_{ГК} \times 0,0164$$

Определение сульфат-анионов: две пробирки с рисунком на дне поместили в штатив для пробирок. В одну из пробирок налили анализируемую воду до высоты 100 мм (20–30 мл). Добавили к содержимому пробирки пипетками 2 капли раствора соляной кислоты и 14–15 капель раствора нитрата бария. Закрыли пробирку пробкой и встряхнули, чтобы перемешать содержимое. Пробирку с раствором оставили на 5–7 минут для образования белого осадка (суспензии). Закрытую пробирку снова встряхнули, чтобы перемешать содержимое. Пипеткой переносили образовавшуюся суспензию во вторую (пустую)

пробирку до тех пор, пока в *первой* пробирке не появилось изображение рисунка на дне. Измерили высоту столба суспензии в *первой* пробирке (h_1 , мм). Продолжали переносить суспензию до тех пор, пока во второй не скроется изображение рисунка. Измерили высоту столба суспензии во второй пробирке (h_2 , мм). Рассчитали среднее арифметическое измерений высоты столба суспензии (h) по формуле: $h = (h_1 + h_2) / 2$

Концентрацию сульфат-аниона (мг/л) определяли по оценочной таблице 6.

Таблица 6 – Определение концентрации сульфат-аниона

Высота столба суспензии (h), мм	Массовая концентрация сульфат-аниона, мг/л	Высота столба суспензии (h), мм	Массовая концентрация сульфат-аниона, мг/л
100	33	65	50
95	35	60	53
90	38	55	56
85	40	50	59
80	42	45	64
75	45	40	72
70	47	-	-

Определение хлорид-ионов полуколичественным методом: в пробирку с исследуемой водой (5 мл) добавили 3 капли 10 %-ного раствора азотнокислого серебра (приложение 3, рис. 10). Примерное содержание хлорид-ионов определили по внешнему виду осадка:

- опалесцирующий (слабая муть) — содержание Cl- 1-10 мг/л;
- сильная муть — содержание Cl- 10-50 мг/л;
- хлопья, осаждающиеся не сразу, — содержание Cl- 50—100 мг/л;
- белый объемный осадок — содержание Cl- более 100 мг/л. [1]

Определение ионов железа: к 10 мл исследуемой воды добавили последовательно 1-2 капли 35%-ного раствора перекиси водорода, 1-2 капли концентрированной соляной кислоты и 0,2 мл (4-5 капель) 25%-ного раствора роданида аммония (приложение 3, рис. 11-12). Содержание солей железа в пробах оценивали по таблице 7.

Таблица 7 – Определение содержания солей железа в воде [1]

Окрашивание при наблюдении сбоку	Окрашивание при наблюдении сверху	Содержание солей железа, мг/л
отсутствует	отсутствует	менее 0,05
едва заметное желтовато-розовое	чрезвычайно слабое желтовато-розовое	0,1
очень слабое желтовато-розовое	слабое желтовато-розовое	0,25
слабое желтовато-розовое	слабо желтовато-розовое	0,5
слабое желтовато-розовое	желтовато-розовое	1,0
сильно желтовато-розовое	желтовато-красное	2,5
слабое желтовато-красное	ярко-красное	5,0

Анализ на перманганатную окисляемость воды: к 10 мл исследуемой воды прибавили 0,5 мл серной кислоты (1:3) и 1 мл 0,01 Н раствора марганцовокислого калия. Все перемешали. Показания сняли через 20 минут (приложение 3, рис. 13). Для чистых подземных вод окисляемость составляет не более 2—4 мг/л, речных — 7 мг/л. Определение окисляемости оценивали по таблице 7.

Таблица 8 – Определение окисляемости по окраске воды

Окрашивание воды при наблюдении сбоку	Окисляемость (мг O ₂ /л)
Ярко-малиново-розовое	1
Лилово-розовое	2
Слабо-лилово-розовое	4
Бледно-лилово-розовое (выше 20 °С — розовое)	6
Бледно-розовое	8
Розово-желтое	12
Желтое	16 и выше

3. Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анкетирования показали, что большинство школьников и взрослых (32 человека) для приготовления пищи и питья в семьях используют воду из скважины, расположенной на берегу реки Вымь. Одинаковое количество (по 11 человек) используют для приготовления пищи и питья воду из-под крана, бутилированную воду и воду, очищенную фильтр-кувшином. Меньше число респондентов (10 человек) используют фильтры, встроенные в водопровод. Ответов на данный вопрос получилось гораздо больше, чем было участников опроса, т.к. в одной и той же семье могут использовать различные источники воды. (приложение 2, рис. 1)

В качестве питьевой воды только бутилированную воду используют 19 человек, большинство респондентов (27 человек) используют бутилированную воду в качестве питьевой иногда и 14 человек никогда не пользуются бутилированной водой. (приложение 2, рис. 2)

На вопрос об употреблении сырой воды 30 опрашиваемых ответили, что её не пьют, 18 человек употребляют сырую воду иногда, 12 человек употребляют сырую воду. (приложение 2, рис. 3)

На вопрос о воде из-под крана большинство опрашиваемых отметили, что вода имеет запах (39 человек) и неприятный вкус (37 человек). Хотя не понятно, почему большинство опрашиваемых не отметили цветность воды, которая проявляется весной и осенью (всего 20 человек). (приложение 2, рис. 4)

Относительно использования воды из реки для хозяйственных нужд почти все респонденты (52 человека) дали отрицательный ответ, иногда используют воду из реки для хозяйственных нужд 4 человека, и всего лишь 4 человека используют речную воду. (приложение 2, рис. 5)

Органолептические показатели воды

Данные по определению цветности воды показали, что бесцветной оказалась артезианская вода. Водопроводная и колодезная вода имеет светло-желтоватую окраску (приложение 3, рис. 14).

Прозрачной оказалась артезианская и колодезная вода, текст легко читается при большей высоте столба воды. Водопроводная и речная вода имеют опалесцирующую мутность.

Результаты исследований проб воды на цветность, прозрачность и мутность занесены в таблицу 9.

Таблица 9 – Цветность воды, взятых проб на территории в г. Емвы

Проба воды	Цвет	Прозрачность; высота столба, см	Мутность
№1 (водопроводная)	светло-желтоватая	Текст читается; 15	Опалесцирующая
№2 (артезианская)	бесцветная	Текст легко читается; 18	Прозрачная
№3 (колодезная)	светло-желтоватая	Текст легко читается; 18	Прозрачная
№4 (речная)	желтая	Текст читается; 16,5	Опалесцирующая
№5 (дистиллированная)	бесцветная	Текст очень легко читается; 18	Прозрачная

При определении характера и интенсивности запаха были получены следующие результаты (таблица 10). При комнатной температуре вся питьевая вода не имеет запаха. При нагревании до 60°C появился очень слабый запах у водопроводной воды.

Таблица 10 – Определение характера и интенсивности запаха

Проба воды	Интенсивность запаха при 20°С	Оценка интенсивности запаха	Интенсивность запаха при 60°С	Оценка интенсивности запаха
№1 (водопроводная)	Нет	0	Очень слабая	1
№2 (артезианская)	Нет	0	Нет	0
№3 (колодезная)	Нет	0	Нет	0
№4 (речная)	Очень слабая	1	Нет	1
№5 (дистиллированная)	нет	0	Нет	0

Все пробы воды дали отрицательный результат на пенистость.

Результаты определения вкуса и привкуса показали, что водопроводная и колодезная вода вкуса не имеют, а артезианская имеет слабый привкус (таблица 11).

Таблица 11 – Определение вкуса и привкуса

Проба воды	Интенсивность вкуса и привкуса	Оценка интенсивности
№1 (водопроводная)	Нет	0
№2 (артезианская)	Слабая	2
№3 (колодезная)	Нет	0
№4 (речная)	-	-
№5 (дистиллированная)	Нет	0

Минеральный состав воды

Анализ на определение водородного показателя (рН) показал следующие результаты: артезианская вода имеет нейтральную реакцию среды, все остальные образцы воды – слабокислую реакцию среды (таблица 12). РН-показатель не превышает ПДК (6,5-8,5), значит, вода пригодна для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Таблица 12 – Определение водородного показателя

Проба воды	Водородный показатель
№1 (водопроводная)	6
№2 (артезианская)	7
№3 (колодезная)	6
№4 (речная)	6
№5 (дистиллированная)	5

Результаты на выявление карбонатов, гидрокарбонатов, определение карбонатной жесткости и щелочности отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Определение ионных форм, обуславливающих потребление кислоты на титрование в образцах анализируемой воды г. Емвы

Соотношение между V_{Φ} и V_{MO}	Проба воды	Вклад ионных форм в потребление кислоты		
		$VOH(OH^-)$	$VK(CO_3^{2-})$	$VГК(HCO_3^-)$
$V_{\Phi} = 0$	№1 (водопроводная)	0	0	0,3
	№2 (артезианская)	0	0	1,4
	№3 (колодезная)	0	0	0,5
	№4 (речная)	0	0	0,1
$2V_{\Phi} < V_{MO}$	№5 (дистиллированная)	0	1	0,3

Пробы № 1, № 3, № 4, №5 имеют нулевую свободную щелочность, т.к. $V\Phi = 0$, т.е. OH^- отсутствуют. На титрование по метилоранжу пробы №1 потребовалось 0,3 мл. соляной кислоты (HCl). На титрование пробы №3 потребовалось 1,4 мл. HCl. На титрование пробы №4 потребовалось 0,5 мл. HCl. На титрование пробы №5 потребовалось 0,1 мл HCl.

Проба № 2 имеет щелочную реакцию среды, т.к. $V\Phi > 0$, но $2V\Phi < V_{MO}$. На титрование по фенолфталеину потребовалось 0,5 мл. соляной кислоты. А по метилоранжу 1,3 мл. соляной кислоты. Значит, в данной пробе присутствуют карбонат-ионы (CO_3^{2-}) и гидрокарбонат-ионы (HCO_3^-).

В пробах №1, №3, №4, №5 отсутствуют карбонат - ионы ($V_K = 0$)

В пробах №1, №3, №4, №5 определили концентрацию гидрокарбонат - ионов:

<p>Проба №1: $C_{ГК} = \frac{0,3 \times 0,05 \times 61 \times 1000}{10} = 91,5 \text{ ммоль/л.}$</p> <p>Проба №4: $C_{ГК} = \frac{0,5 \times 0,05 \times 61 \times 1000}{10} = 152,5 \text{ ммоль/л}$</p>	<p>Проба №3: $C_{ГК} = \frac{1,4 \times 0,05 \times 61 \times 1000}{10} = 427 \text{ ммоль/л.}$</p> <p>Проба №5: $C_{ГК} = \frac{0,1 \times 0,05 \times 61 \times 1000}{10} = 30,5 \text{ ммоль/л}$</p>
---	---

В пробе №2 рассчитали карбонатную и гидрокарбонатную жесткость:

$C_K = \frac{1 \times 0,05 \times 60 \times 1000}{10} = 300 \text{ ммоль/л.}$	$C_{ГК} = \frac{0,3 \times 0,05 \times 61 \times 1000}{10} = 91,5 \text{ ммоль/л.}$
---	---

Расчет карбонатной жесткости:

Проба №1: $J_K = 0 \times 0,0333 + 91,5 \times 0,0164 = 1,5 \text{ ммоль/л экв}$

Проба №2: $J_K = 300 \times 0,0333 + 91,5 \times 0,0164 = 11,5 \text{ ммоль/л экв}$

Проба №3: $J_K = 0 \times 0,0333 + 427 \times 0,0164 = 7 \text{ ммоль/л экв}$

Проба №4: $J_K = 0 \times 0,0333 + 152,5 \times 0,0164 = 2,5 \text{ ммоль/л экв}$

Проба №5: $J_K = 0 \times 0,0333 + 30,5 \times 0,0164 = 0,5 \text{ ммоль/л экв}$

Таким образом, самая высокая карбонатная жесткость оказалась у артезианской воды, меньшей жесткостью обладает водопроводная вода.

Результаты определение сульфатов:

Проба №1: $h = (3,7 + 3,5) / 2 = 3,6 \text{ см} = 36 \text{ мм}$

Пробы №2, №3, №5: суспензии нет

Проба №4: $h = (5 + 4,7) / 2 = 4,85 \text{ см} = 49 \text{ мм}$

Определение концентрации сульфат-аниона показало, что в пробе №1 высота столба составляла 36 мм, значит массовая концентрация сульфат-аниона приблизительно 72 мг/л, в пробе №4 высота столба 48мм, значит массовая концентрация сульфат-аниона приблизительно 59 мг/л.

Таким образом, концентрация сульфат-ионов в водопроводной воде и в реке не превышает предельно допустимую концентрацию (500 мг/л).

Содержание хлорид-ионов в пробах воды не превышает предельно допустимой концентрации. В пробах №1, 2, 3, 4 после добавления 3 капель AgNO_3 наблюдали образования небольшой мути. В пробе №5 после добавления 3 капель AgNO_3 наблюдали образование сильной мути. Значит в пробах №1, №2, №3, №4 содержание Cl^- 1-10 мг/л, в пробе №5 содержание Cl^- 10-50 мг/л.

Согласно результатов, отражённых в таблице 14 самое большое содержание ионов железа в колодезной воде (1 мг/л) и в водопроводной воде (0,5 мг/л), что превышает предельно допустимую концентрацию. В речной воде содержание ионов железа соответствует норме (0,25 мг/л). В артезианской воде содержание ионов железа менее 0,05 мг/л.

Таблица 14 – Содержание солей железа в анализируемой воде г. Емвы

Проба воды	Окрашивание при наблюдении сбоку	Окрашивание при наблюдении сверху	Содержание солей железа, мг/л
№1 (водопроводная)	слабое желтовато-розовое	слабое желтовато-розовое	0,5
№2 (артезианская)	отсутствует	отсутствует	менее 0,05
№3 (колодезная)	слабое желтовато-розовое	желтовато-розовое	1
№4 (речная)	очень слабое желтовато-розовое	слабое желтовато-розовое	0,25
№5 (дистиллированная)	отсутствует	отсутствует	менее 0,05

По содержанию органических веществ артезианская и колодезная вода являются наиболее чистыми – содержание в них органических веществ минимально. Водопроводная и речная вода содержат небольшое количество органических веществ. Результаты отражены в таблице 15.

Таблица 15 – Окисляемость воды различных источников г. Емвы

Проба воды	Окрашивание воды при наблюдении сбоку	Окисляемость (мг O ₂ /л)
№1 (водопроводная)	Лилово-розовое	2
№2 (артезианская)	Ярко-малиново-розовое	1
№3 (колодезная)	Ярко-малиново-розовое	1
№4 (речная)	Лилово-розовое	2
№5 (дистиллированная)	Ярко-малиново-розовое	1

Для сравнения данных, полученных при определении качества водопроводной воды, были использованы данные архива Водоканала г. Сыктывкара за сентябрь 2019 г.[10] Сведенные результаты показаны в таблице 16.

Таблица 16 – Сравнение некоторых данных качества воды г. Сыктывкара и г. Емвы

Показатель	Единица измерения	Среднемесячные результаты г. Сыктывкар	Результаты анализа г. Емвы	Норматив по СанПин
запах 20°	балл	1	0	2
запах 60°	балл	2	1	2
привкус	балл	0	0	2
водородный показатель	ед. рН	6,5	6	6-9
окисляемость перманганатная	мг O ₂ /л	4,3	2	5
железо	мг/л	0,025	0,5	0,3
хлориды	мг/л	22	1-10	350

При сравнении некоторых органолептических показателей (запах и привкус) видно, что они отличаются не очень сильно. Водородный показатель соответствует норме. Перманганатная окисляемость водопроводной воды и содержание хлоридов в г. Емве примерно в 2 раза меньше, чем в Сыктывкаре, но также соответствует норме. Содержание железа в воде г. Емвы больше, чем в воде г. Сыктывкара и превышает норматив по СанПину.

Выводы

В условиях школьной лаборатории была проведена работа по определению качества воды некоторых источников г. Емвы. По минеральному составу работа проведена не полностью, т.к. в условиях школьной лаборатории имеется недостаток реактивов и необходимого оборудования.

По результатам анализа образцов воды было выяснено:

1. По органолептическим показателям вода соответствует нормам.
2. По минеральному составу почти все показатели (содержание сульфат-ионов, хлорид-ионов, карбонат-ионов, гидрокарбонат-ионов, перманганатная окисляемость) меньше предельно допустимой концентрации, а содержание ионов железа в водопроводной и колодезной воде превышает предельно допустимую концентрацию.
3. По большинству показателей водопроводная вода в г. Емва, лучше водопроводной воды г. Сыктывкара, но в ней больше содержится железа.

Выражаю благодарность Коношенковой Розе Петровне, учителю химии МБОУ «Средняя общеобразовательная школа им. А. Ларионова» г. Емвы, за помощь в проведении экспериментальной части работы.

Использованные источники

1. Методы экологических исследований: практикум / Иванов Е.С., Авдеева Н.В., Кременецкая Т.В., Золотов Г.В.; Ряз. гос. ун-т имени С.А. Есенина. – Рязань, 2011. – 404 с.
2. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. – СПб.: «Крисмас+», 2009.
3. Природные ресурсы и охрана окружающей среды. Учебное пособие. / В.Н. Быков, Н.Г. Максимович, В.Н. Казакевич, С.М. Блинов. Пермский государственный университет. Пермь. 2001 г.

Интернет-ссылки:

4. <http://xvatit.com/sneeze/news-health/144437-pitevaya-voda-i-zdorove-cheloveka-kak-eto-svyazano.html> Питьевая вода и здоровье человека
5. <http://www.tnp-nn.ru/content/himicheskij-sostav-vodoprovodnoj-vody-i-ego-vliyanie-na-organizm-cheloveka> Фильтры для воды
6. <https://hitropop.com/voda/normy/homicheskiy-sostav.html> Нормы качества питьевой воды
7. <https://vseovannoi.ru/remont/zapax-vody-iz-krana.html> Почему у воды из крана проявляется неприятный запах?
8. <http://docs.cntd.ru/document/901798042> СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения" (с изменениями на 2 апреля 2018 года)
9. <http://docs.cntd.ru/document/1200008322> ГОСТ 3351-74 Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности (с Изменением N 1)
- 10 http://svodokanal.ru/?id=001_4f30b32fdcf44 Открытое акционерное общество «Сыктывкарский Водоканал» Качество воды

Таблица – Показатели содержания химических веществ в воде

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
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)**		
Окисляемость перманганатная	Мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	Мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	Мг/л	0,5		
Фенольный индекс	Мг/л	0,25		
Неорганические вещества				
Алюминий (Al (3+))	Мг/л	0,5	С.-г.	2
Барий (Ba (2+))	"-	0,1	"-	2
Бериллий (Be (2+))	"-	0,0002	"-	1
Бор (В, суммарно)	"-	0,5	"-	2
Железо (Fe, суммарно)	"-	0,3 (1,0)**	Орг. 3	3
Кадмий (Cd, суммарно)	"-	0,001	С.-г.	2
Марганец (Mn, суммарно)	"-	0,1 (0,5)**	Орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	"-	1,0	"-	3
Молибден (Mo, суммарно)	"-	0,25	С.-г.	2
Мышьяк (As, суммарно)	"-	0,05	С.-г.	2
Никель (Ni, суммарно)	Мг/л	0,1	С.-г.	3
Нитраты (по (3-))	"-	45	С.-г.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	"-	0,0005	С.-г.	1
Свинец (Pb, суммарно)	"-	0,3	"-	2
Селен (Se, суммарно)	"-	0,1	"-	2
Стронций (Sr (2+))	"-	7,0	"-	2
Сульфаты (SO ₄ (2-))	"-	500	Орг.	4
Фториды (F (-))				
Для климатических районов				
- II	"-	1,5	С.-г.	2
- III	"-	1,2		2
Хлориды (Cl (-))	"-	350	Орг.	4
Хром (Cr (6+))	"-	0,05	С.-г.	3
Цианиды (CN ⁿ)	"-	0,035	"-	2
Цинк (Zn (2+))	"-	5,0	Орг.	3
Органические вещества				
Гамма-ГЦХЗ (линдан)	"-	0,002***	С.-г.	1
ДДТ (сумма изомеров)	"-	0,002***	"-	2
2,4-Д	"-	0,03***	"-	2

Анкета «Использование воды»

Вопрос	Ответы	
	Дети (40 человек)	Взрослые (20 человек)
1. Какую воду Вы используете для приготовления пищи и питья:		
А) из под крана	6	5
Б) бутилированная вода	4	7
В) фильтры кувшины	7	4
Г) фильтры, встроенные в водопровод	5	5
Д) колодец	6	2
Е) скважина	22	10
Ж) родник	6	1
2. Используете ли вы бутилированную воду для питья:		
А) да	12	7
Б) нет	10	4
В) иногда	18	9
3. Пьете ли вы сырую воду:		
А) да	10	2
Б) нет	18	12
В) иногда	13	5
4. Чем Вам не нравится вода из под крана:		
А) имеет цвет	13	7
Б) имеет запах	24	15
В) имеет вкус	22	15
5. Используете ли Вы воду из реки для хозяйственных нужд:		
А) да	3	1
Б) нет	34	18
В) иногда	3	1

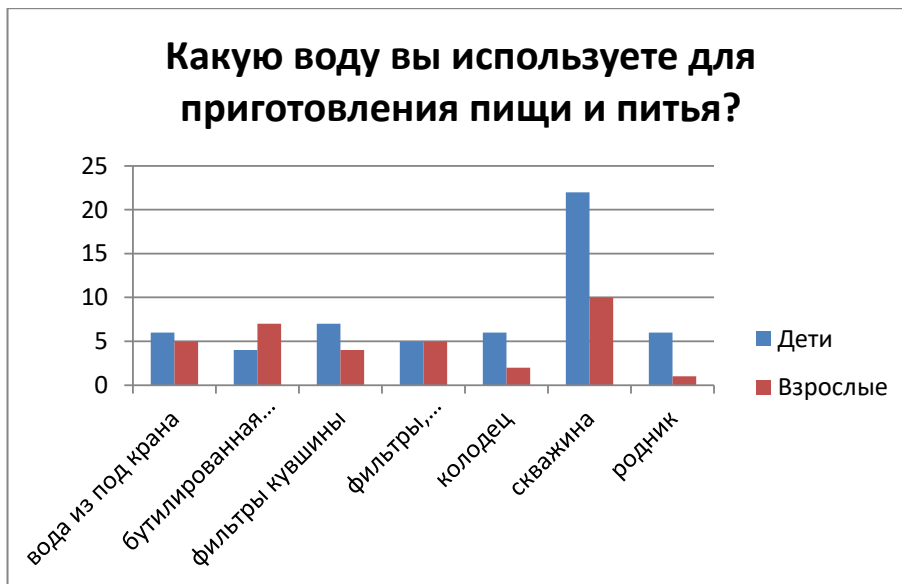


Рис. 1. Использование воды в приготовлении пищи и для питья

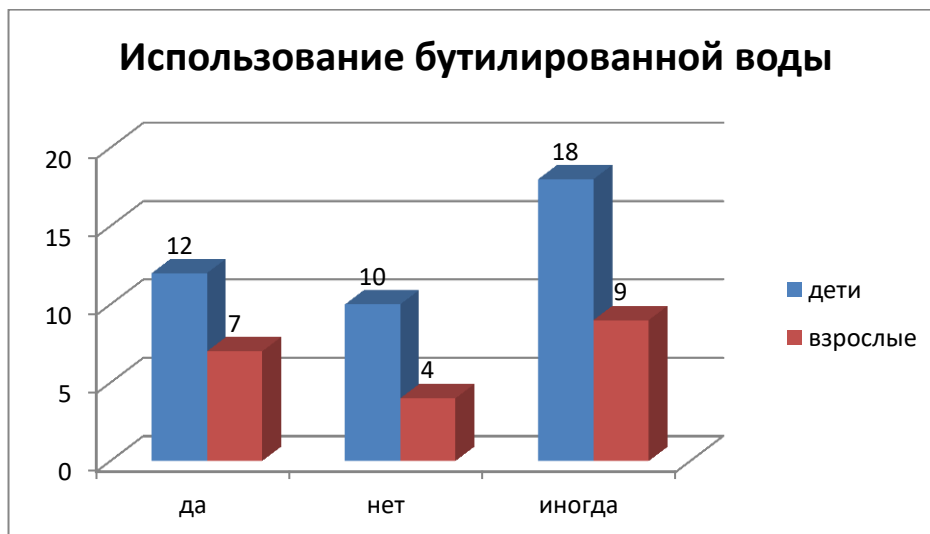


Рис. 2. Использование бутилированной воды



Рис. 3. Использование сырой воды для питья



Рис. 4. Использование водопроводной воды

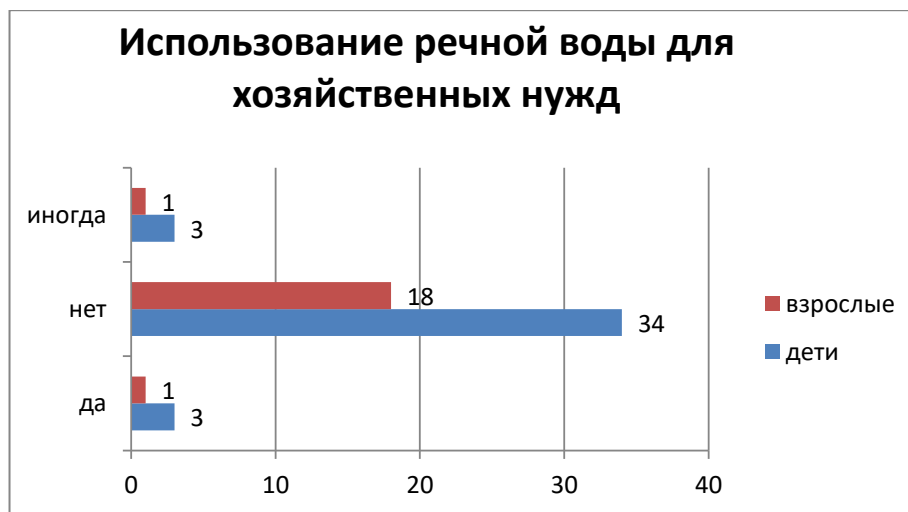


Рис. 5. Использование речной воды для хозяйственных нужд

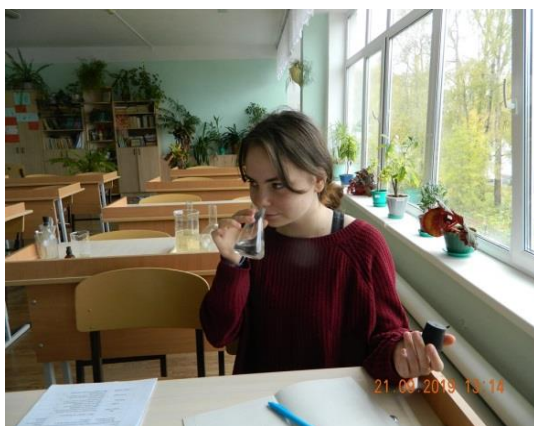


Рис. 1. Определение запаха воды



Рис. 2. Определение прозрачности



Рис. 3. Определение прозрачности



Рис. 4. Определение пенистости



Рис. 5. Определение водородного показателя



Рис. 6. Определение карбонат-ионов



Рис. 7. Титрование по фенолфталеину



Рис. 8. Определение гидрокарбонат-ионов



Рис. 9. Титрование по метилоранжу в присутствии контрольной пробы



Рис.10. Определение хлорид-ионов.



Рис. 11. Определение ионов железа

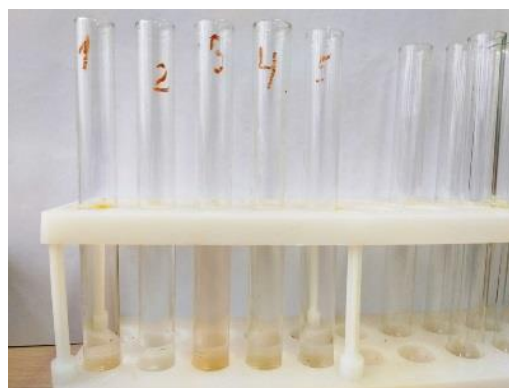


Рис.12. Определение ионов железа.



Рис.13. Определение перманганатной окисляемости



Рис.14. Образцы воды