

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования

«Центр внешкольной работы»

**Исследование содержания железа в источниках водоснабжения с. Тасеево
фотоколориметрическим методом**

Номинация: экологический мониторинг

Автор: Нихельман Алексей Эдуардович, 10 класс
обучающийся объединения «Лаборатория Успеха»

МБУ ДО «Центр внешкольной работы»

Руководитель: педагог дополнительного образования

МБУ ДО «Центр внешкольной работы»

Соловьев Александр Федорович

Тасеевский район, с. Тасеево - 2020г

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЧАСТЬ 1. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	4
ЧАСТЬ 2. ФОРМЫ ЖЕЛЕЗА СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ВОДЕ. ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ ЖЕЛЕЗА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	5
ЧАСТЬ 3. СУЩНОСТЬ ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА. УСТРОЙСТВО ФОТОКОЛОРИМЕТРА	7
ЧАСТЬ 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
ЧАСТЬ 5. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире дефицит чистой питьевой воды становится всё более угрожающим. Качество воды, которую потребляет человек, напрямую влияет на его здоровье. Загрязненная вода вызывает 70 – 80% всех имеющихся заболеваний, которые на 30% сокращают продолжительность жизни человека. По данным Всемирной Организации Здравоохранения ежегодно по этой причине заболевает более 2 млрд. человек на Земле, из которых 3,5 млн. умирает (90% из них составляют дети младше 5 лет) [4].

В состав воды входит множество химических веществ техногенного, природного и минерального происхождения. Железо, находящееся в воде, один из наиболее распространенных элементов существующих в природе. В организме человека железо входит в состав наиболее важных, в биологическом отношении, органических соединений. Однако количество, превышающее допустимую норму, может негативно сказаться на здоровье человека.

Геологи в своих отчётах писали о том, что подземные воды на территории Тасеевского района часто загрязнены соединениями железа: "... в Тасеевском районе существует проблема качества подземных вод, связанная с присутствием в воде юрского, пермо - каменного комплексов повышенных концентраций железа, минерализации, а также с подтягиванием в продуктивные горизонты кембрийского водоносного комплекса солоноватых вод нижележащих горизонтов" [6, с. 20].

Надзорные органы, занимающиеся мониторингом санитарного состояния источников водоснабжения, как правило, проводят исследование качества питьевой воды в первую очередь на таких важных социальных объектах как школы, детские сады, больницы. Множество же остальных водных источников (колодцы, родники), из которых население берет воду, исследуются в недостаточной степени. Поэтому, для повышения качества жизни жителей села, существует потребность в подобных знаниях.

Цель моей работы - исследовать ряд водных источников на содержание железа в воде при помощи фотоколориметрического метода.

Задачи:

1. Охарактеризовать природные условия, которые способствуют формированию природных вод села Тасеево.
2. Познакомиться с формами железа, содержащимися в воде. Понять, как влияет растворённое в воде железо на здоровье человека и его хозяйственную деятельность.
3. Определить сущность фотоколориметрических методов анализа и принцип работы фотоколориметра.
4. Провести исследование отобранных проб воды, проанализировать результаты и сделать выводы.

Предварительный анализ источников информации, позволяет выдвинуть следующую гипотезу: не все водные источники нашего села содержат железо в концентрации, не превышающей санитарные нормы.

ЧАСТЬ 1. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Основные природные факторы, которые во многом определяют распространение и формирование подземных вод исследуемой территории, были подвергнуты анализу с использованием литературного источника «География Красноярского края» [8] и тематических карт общегеографического атласа Красноярского края [1], в ходе которого я выяснил, что:

село Тасеево имеет географические координаты: $57^{\circ} 12' \text{с.ш.}$ и $94^{\circ} 53' \text{в.д.}$;

орографически, исследуемая территория относится к Среднесибирскому плоскогорью и имеет преимущественно всхолмленный характер. Горные породы, слагающие территорию, имеют возраст карбона и представлены в основном алевритами, песчаниками и каменным углем;

климат исследуемого района резко континентальный, с большими перепадами летних и зимних температур. Средняя температура июля $+19^{\circ}\text{C}$, января -22°C . Годовое количество осадков составляет 350-500 мм. Ветры в основном имеют западное направление. Граница распространения многолетней мерзлоты расположена значительно севернее;

речная сеть изучаемого района, включает в себя р. Усолку в среднем её течении, а также ручьи: Плехановский, Плотбинка, Шумиха и Анискин. Ширина р. Усолка в районе села составляет 25 м., скорость течения 0,7 м/с;

для исследуемой территории характерна таежная природная зона с подзолистыми почвами. Растительность представлена хвойными породами (ель, сосна), мелколиственными (береза, осина), в подлеске - рябина, черемуха, ива.

ЧАСТЬ 2. ФОРМЫ ЖЕЛЕЗА СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ВОДЕ. ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ ЖЕЛЕЗА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Изначально железо содержится практически во всех природных водах, но его концентрация везде разная. Его нормой, согласно санитарных правил «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01», является 0,3 мг/л.[3]

Вода с содержанием железа прозрачна и чиста на вид, но при контакте с кислородом железо окисляется, и вода окрашивается в желтовато-бурый цвет.

Железо, содержащееся в воде:

1) в форме ионов:

двухвалентного железа $[Fe+2]$ (когда железо, растворено в воде). Изначально такой тип загрязнения не заметен глазу, но при отстаивании воды на воздухе происходит процесс перехода в трехвалентное железо и образование осадка красно-бурого цвета.

трехвалентного железа $[Fe+3]$ (когда гидроксид железа находится в состоянии взвеси). Вода с таким железом имеет различные оттенки рыже-бурых цветов. Из-за окисления железа кислородом после отстаивания появляется осадок насыщенного цвета.

2) в виде коллоидных растворов, образующихся в ходе распада агрегированных частиц гидроксида железа под воздействием органических соединений. Органические соединения этого металла, растворимы или имеют коллоидную структуру и очень трудно поддаются удалению. Коллоидные частицы из-за малого размера и высокого поверхностного заряда создают в воде суспензии и не осаждаются, находясь во взвешенном состоянии, они тем самым обуславливают мутность исходной воды и не образуют конгломератов.

3) в виде координационных соединений с органическими, а также с неорганическими лигандами.

4) в нерастворимой форме железо может представлять собой взвешенные в воде твердые минеральные частицы различного состава [5].

При концентрациях в воде железа выше нормы возможно появление ржавых потеков на сантехнике и пятен на белье при стирке. А уже при содержании железа выше 1 мг/л вода становится мутной, желто-бурого цвета, особенно после нагревания, у нее ощущается характерный металлический привкус. Такая вода непригодна для хозяйственно-бытового и для питьевого применения, так как железо относится к высокотоксичным веществам [4].

Высокое содержание железа в воде влечёт за собой следующее негативное воздействие на здоровье человека:

- Сбой в ритмах биения сердца;
- Изменения в составе крови;
- Образование в почках камней;
- Вероятность появления аллергических реакций;

- Анафилактический шок;
- Нарушение органолептических ощущений;
- Вероятность образования злокачественных образований.

ЧАСТЬ 3. СУЩНОСТЬ ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА. УСТРОЙСТВО ФОТОКОЛОРИМЕТРА

В данном проекте я использовал фотоколориметрический метод анализа воды, который является наряду со спектрофотометрическим, одним из методов фотометрического анализа вещества. Они различаются между собой по характеру используемого электромагнитного излучения.

При фотометрическом методе анализа происходит избирательное поглощение электромагнитных излучений различных участков спектра атомом, либо ионом или молекулой анализируемого вещества.

При переходе в более высокое энергетическое состояние, при котором происходит поглощение кванта света, атом, ион или молекула переходят из основного, невозбужденного уровня электронов на один из более высоких, возбужденных уровней. При таких электромагнитных переходах вызываются появления в спектрах поглощающих частиц строго определенных полос поглощения. Вследствие того, что происходит поглощение излучения при прохождении его через слой вещества, интенсивность излучения уменьшается при увеличении концентрации светопоглощающего вещества.

Спектрофотометрический метод основан на измерениях света с определенной длиной волны (в монохроматическом потоке света), фотоколориметрический метод — на измерениях в полихроматическом пучке света, который состоит из целого ряда волн различной длины. В основе обоих методов лежит общий принцип — существование пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества.

При фотоколориметрическом методе анализа, с помощью химических реакций, окрашивают определяемое вещество и измеряют его светопоглощение, таким образом, определяя содержание окрашенного вещества в испытуемом растворе.

При фотометрическом анализе чаще всего используют видимую, ближнюю ультрафиолетовую и ближнюю инфракрасную области спектра. С помощью колориметрического метода можно проводить исследования в интервале длин волн 315-980 нм. Спектрофотометрический метод позволяет проводить определения в интервале длин волн 200-2500 нм. [2].

При фотоколориметрическом методе используют фотоэлектроколориметры или фотометры. Погрешность полученных данных при работе на этих приборах не превышает 1-2%.

Главными преимуществами фотоколориметрического метода измерения интенсивности окраски являются их быстрота и легкость, с которой производятся определения, наряду с высокой точностью.

Фотоколориметры «Экотест-2020» можно отнести к малогабаритным переносным приборам имеющим автономное питание. Состав прибора следующий: оптический блок, блок управления и обработки информации, блок индикации с подсветкой, клавиатура, кюветный отсек с кюветами.

В состав оптического блока включены 1 или 4 высокостабильных полупроводниковых светодиода в качестве источников излучения, определяющих рабочий диапазон длин волн излучения. В качестве приемника излучения применяется фотодиод.

Блок управления и обработки информации изготовлен на микропроцессоре и обеспечивает режим самоконтроля с отображением информации о готовности к работе на жидкокристаллический дисплей.

Данный фотоколориметр имеет интерфейс RS232 для связи с IBM-совместимыми компьютерами.

В верхней части передней панели прибора расположен дисплей, ниже дисплея – клавиатура с шестью кнопками, под клавиатурой находится кюветный отсек.

В нижней части задней панели располагается отсек с крышкой для элементов питания.

На верхней торцевой стенке фотоколориметра находятся разъемы для подключения внешнего источника питания и подсоединения к компьютеру.

Использованный мною фотоколориметр “Экотест-2020-К” из состава набор-укладки для фотоколориметрирования позволяет выполнять измерения в режиме концентратомера (прил.1). Данный режим предназначен для измерений массовой концентрации различных компонентов в питьевых и природных водах согласно методикам, разработанным ЗАО “Крисмас+”.

Прибор запрограммирован (имеет “прошивку”) под унифицированные МВИ на основе тест-комплектов и полевых лабораторий производства ЗАО “Крисмас+”. В память прибора внесены коэффициенты градуировочных характеристик определяемых компонентов. Концентрация определяемого вещества рассчитывается автоматически и выводится на дисплей фотоколориметра.

Для работы фотоколориметра в режиме концентратомера необходимо приготовить раствор стандарта определяемого компонента, концентрация которого соответствует средней точки линейного диапазона концентраций, определяемых МВИ.

ЧАСТЬ 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования мною были взяты пробы из десяти источников водоснабжения села Тасеево. При выборе мест отбора проб я руководствовался двумя важными критериями:

во-первых, источники водоснабжения должны были быть относительно равномерно распределены на территории села (прил.2);

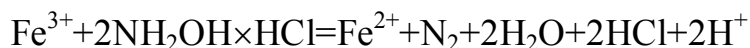
во-вторых, выбирались водоисточники, использующие воду на разной глубине залегания. Это, как правило, колодцы, поднимающие неглубоко залегающие подземные воды и скважины, которые используют воду из более глубоких водных горизонтов. Кроме того, исследовались только водоисточники общественного водоснабжения.

Так как соединения железа в воде могут находиться в различных формах, как в растворе, так и во взвешенных частицах, точные результаты можно получить только при определении суммарного железа во всех его формах, так называемого общего железа.

Для перевода железа в растворимую форму, которая более пригодна для анализа, необходимо добавить к пробе определенное количество сильной кислоты (азотной, серной, соляной) до pH равном 1–2.

Применяемый мной метод определения железа относится к визуально-колориметрическим и основан на способности катиона железа (II) в интервале pH 3–9 образовывать с ортофенантролином комплексное оранжево-красное соединение.

При наличии в исследуемой воде железа (III), оно восстанавливается до железа (II) солянокислым гидроксиламином в нейтральной или слабокислой среде по реакции:



Таким образом, определяется суммарное содержание двухвалентного железа и трехвалентного железа. Анализ проводится в ацетатном буферном растворе при pH равном 4,5–4,7.

Концентрацию железа в анализируемой воде определяют по окраске пробы. Диапазон определяемых концентраций железа в воде составляет от 0,1 до 1,5 мг/л. Определение возможно и при концентрации железа более 1,5 мг/л, после соответствующего разбавления пробы чистой водой.

Оборудование и реактивы: пипетка капельница, склянка с меткой - 10 мл, пробка для мерной склянки, образцов окраски контрольная шкала, шприц (дозатор) объемом 2 мл с соединительной трубкой, бумага индикаторная универсальная, фотоколориметр “Экотест-2020-К” входящий в состав набора-укладки для фотоколориметрирования.

Раствор соляной кислоты с концентрацией 1:10, 0,1% раствор ортофенантролина, раствор буферный (ацетатный), 10% раствор гидроксида натрия, 10% раствор солянокислого гидроксиламина, стандартный образец состава водного раствора Fe^{3+} , дистиллированная вода.

Выполнение определения: при проведении фотоколориметрирования с использованием фотоколориметра “Экотест-2020-К”, работающего в режиме концентратомера, выполняются следующие операции:

1. Приготовление рабочего раствора железа с концентрацией 10 мг/л, который готовим из стандартного образца состава водного раствора Fe^{3+} . Для чего 1,0 мл основного раствора ионов железа с помощью градуированной пипетки помещаем в мерную колбу вместимостью 10 мл и доводим объем раствора до метки дистиллированной водой, перемешиваем. Раствор готовится в день проведения анализа.

2. Приготовление раствора стандарта железа с концентрацией 1 мг/л, для чего 10,0 мл рабочего раствора с помощью градуированной пипетки помещаем в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводим объем раствора до метки дистиллированной водой. Раствор готовится в день проведения анализа.

3. Отбираем в три мерные склянки до метки “10 мл”: дистиллированную воду (фон), раствор стандарта железа (с концентрацией 1 мг/л) и анализируемую пробу.

4. Затем нам нужно довести рН в каждой склянке с раствором до рН 4–5. Для этого используя универсальную индикаторную бумагу, определяем рН среды и при помощи пипетки, в зависимости от найденного рН, добавляем растворы либо соляной кислоты, либо гидроксида натрия.

5. В склянки пипеткой добавляем 4–5 капель раствора солянокислого гидроксиламина (около 0,2 мл). Склянки закрываем пробкой и встряхиваем для перемешивания растворов.

6. Далее шприцем с наконечником-пипеткой поочередно добавляем 1,0 мл ацетатного буферного раствора и 0,5 мл раствора орто-фенантролина. После каждого прибавления склянки закрываем пробкой и встряхиваем для перемешивания растворов.

7. Растворы в склянках оставляем не менее чем на 15–20 мин. для полного развития окраски.

8. Устанавливая поочередно в кюветный отсек фотоколориметра кюветы с дистиллированной водой (фон), раствором стандарта железа (с концентрацией 1 мг/л) и анализируемой пробой проводим измерения. В итоге через несколько секунд на экране появится значение концентрации железа в данном растворе. Результат будет представлен в виде значения “С=X.XXX мг/л”.

ЧАСТЬ 5. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований в десяти пробах воды взятых из разных источников водоснабжения с. Тасеево, представлены на рисунке 1.

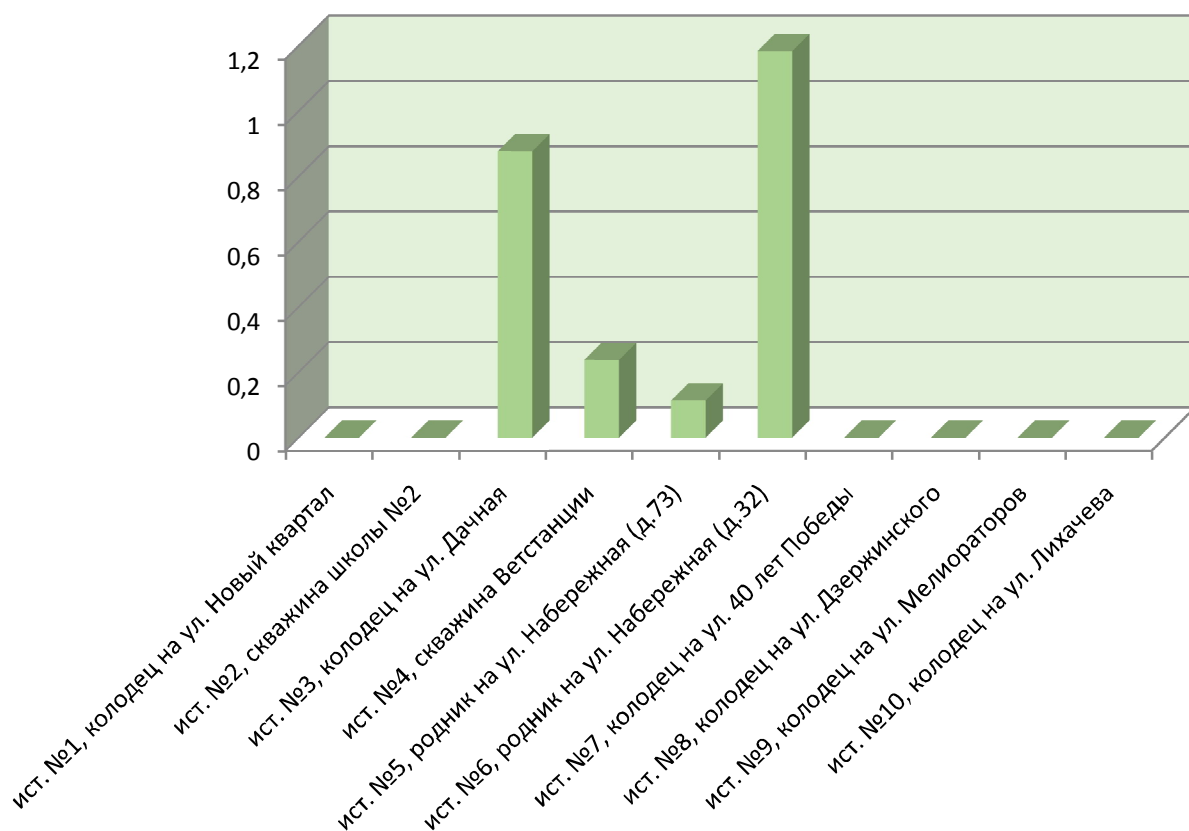


Рис. 1. Значение общего железа в исследуемых пробах (мг/л).

Таким образом, в ходе проведенных исследований выявлено несоответствие показателя общего железа, установленным санитарным нормам в водоисточнике №3 и №6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания работы мною охарактеризовано географическое положение исследуемой территории и проанализированы природные факторы, определяющие распространение и формирование подземных вод исследуемой территории. Последние указывают на то, что территория села Тасеево находится в зоне с благоприятными условиями для формирования водных ресурсов в количественном отношении.

Работая с источниками информации, я познакомился с различными формами содержания железа в воде и его влиянием на здоровье и хозяйственную деятельность человека.

Знакомство с фотоколориметром и принципом его работы, позволило мне выполнить запланированный анализ воды. Данный прибор удобен в работе и благодаря своей портативности может быть использован как в лаборатории, так и в полевых условиях.

Проведенные исследования десяти проб, взятых в источниках водоснабжения села, позволяют утверждать, что вода в водоисточниках №3 (колодец на улице Дачная) и №6 (родник на улице Набережная) не соответствует установленным гигиеническим требованиям по показателю – железо общее. Кроме того, в процессе исследования не выявлено четкой зависимости содержания железа в источниках водоснабжения ни от глубины залегания подземных вод ни от расположения в той или иной части села.

Таким образом, опираясь на данные моего исследования, я предлагаю Тасеевской сельской администрации и жителям улиц Дачной и Набережной, потребляющим воду из водоисточников №3 и №6, использовать в домашнем хозяйстве фильтры и установки для очистки воды от растворённого железа или использовать воду более чистых водоисточников.

На мой взгляд, перспективно проведение дальнейших исследований по данной проблеме в отношении других источников водоснабжения села и показателей качества воды.

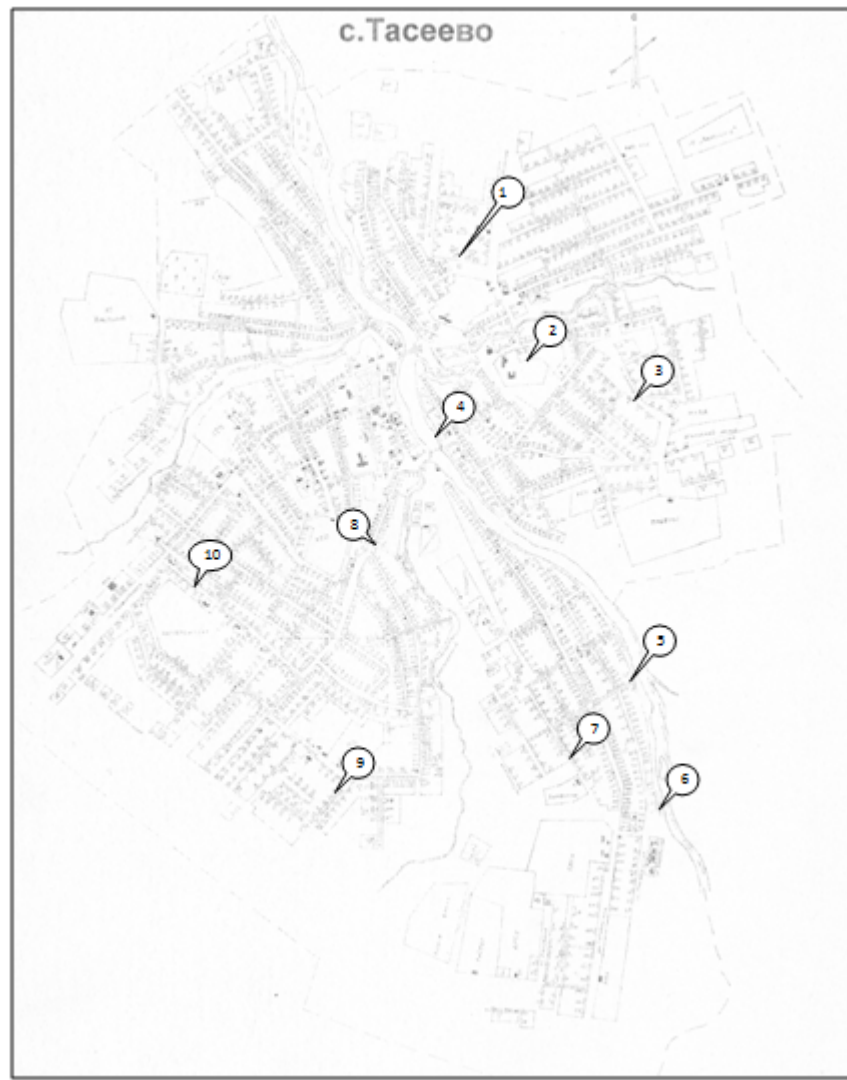
Проведенные мною исследования будут полезны в первую очередь для жителей села, использующих эти водоисточники, а также для сельской администрации с. Тасеево. С целью их информирования, я разместил протоколы моих исследований на каждом водоисточнике и отправил полученные результаты в сельскую администрацию. Кроме того, полученные мною данные могут быть интересны и для санитарных служб, контролирующих качество используемой населением питьевой воды. Собранный материал можно использовать на уроках физики, географии и химии в Тасеевских школах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Красноярского края, общегеографический. м-б 1:500 000/1000 000 – Новосибирск: ООО «НКФ», 2008 – 104 с.
2. Герасимова Н. С. ГЗ7 Фотоколориметрические методы анализа: Методические указания к выполнению домашних заданий по аналитической химии. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — 40 с.
3. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. СанПиН 2.1.4.1074-01: [Электронный ресурс.] URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=40314>
4. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса: Учебно-методическое пособие. Изд. 2-е, допол. расширенное - СПб.: «Крисмас+», 2000. – 128 с.
5. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. – СПб.: «Крисмас+», 2012. – 220 с.
6. Преображенский И.М., Журбина О.А., Косоруков А.П. Справочник полезных ископаемых Тасеевского района Красноярского края – Красноярск: ООО «ГеоЭкономика», 2002. – 89 с.
7. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки/А.Г. Муравьев, В.В. Данилова, Н.А. Осадчая [и др.]/под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева – СПб.: «Крисмас+», 2012. – 264 с.
8. Стайтенев А.П. География Красноярского края - Красноярск: «Буква С», 2007. – 192 с.

Работа с фотоколориметром “Экотест-2020-К”





Места отбора проб в источниках водоснабжения с. Тасеево

Условные обозначения:

- 1 - ист. №1, колодец на ул. Новый квартал;
- 2 –ист. №2, скважина школы №2;
- 3 - ист. №3, колодец на ул. Дачная;
- 4 - ист. №4, скважина Ветстанции;
- 5 –ист. №5, родник на ул. Набережная (д.73);
- 6 - ист. №6, родник на ул. Набережная (д.32);
- 7 – ист. №7, колодец на ул. 40 лет Победы;
- 8 - ист. №8, колодец на ул. Дзержинского;
- 9 - ист. №9, колодец на ул. Мелиораторов;
- 10 - ист. №10, колодец на ул. Лихачева.

Масштаб 1:15000