

государственное общеобразовательное учреждение
Ярославской области «Лицей № 86»

Региональная конференция по научно-техническому творчеству
«Лабиринты науки»

**Изучение качества подземных вод методом биотестирования и
химического анализа**

Выполнила:

Торопова Александра Максимовна
обучающаяся 11Ф класса
ГООУ ЯО «Лицей № 86» г. Ярославля

Научные руководители:

Волкова Лариса Вячеславовна,
заместитель директора
по УВР ГООУ ЯО «Лицей № 86»

Фомичева Елена Михайловна,
к.б.н., доцент ФГБОУ ВО
«Ярославский государственный
университет им. П.Г. Демидова»

Ярославль, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	6
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	11
ВЫВОДЫ	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20

ВВЕДЕНИЕ

Вода в нашей жизни имеет огромное значение. Она регулирует температуру тела, увлажняет воздух при дыхании, обеспечивает доставку питательных веществ и кислорода клеткам тела, защищает жизненно важные органы, помогает преобразовывать пищу в энергию. Без пищи человек может прожить около 40 дней, а вот без воды – лишь 8 дней.

Чистая вода, употребляемая человеком, необходима для его правильной жизнедеятельности. Питьевой водой называют жидкость, которую можно употреблять в течение длительного времени без вреда для здоровья.

В настоящее время широко распространено загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами, выбросами с предприятий, отходами производства. Вследствие этого может происходить и загрязнение воды, поэтому её использование может быть небезопасно. Употребление воды из непроверенных источников может понести за собой различные последствия от простого отравления до серьёзных заболеваний.

Причины загрязнений воды:

- Промышленные отходы. От производственной деятельности фабрик, заводов, комбинатов происходит загрязнение вод.
- Промышленные аварии и техногенные катастрофы. Крупные аварии и утечки на производстве ведут к загрязнению воды.
- Сточные воды из канализаций. Они попадают в сток, приводя к загрязнению поверхностных и подземных водных источников.
- Твердые отходы. Огромное количество пластика съедают морские обитатели, что ведет к их гибели. Под воздействием солнечного тепла пластик распадается на мелкие гранулы, которые поглощает планктон. Это ведет к гибели целых экосистем.
- Утечки нефти. Добыча этого природного ресурса сопряжена с большим риском для окружающей природы.

- Атмосферное загрязнение. Вместе с ветром и испарениями зола, сажа, пыль, пепел поднимаются в атмосферу. Здесь, в атмосферных слоях они вступают в химическую реакцию с водой, образуя концентрированную кислоту, выпадающую на землю и ведущую к серьезному загрязнению водоемов.

Природные пресные подземные воды могут быть использованы для хозяйственно-бытового, культурного и питьевого назначения. По определению подземными считают воды, находящиеся в земной коре. Они являются в жизни человека одним из главных источников пресной питьевой воды. Подземные воды пополняются за счёт дождей или таяния снега. Часть водяного пара поступает из глубинных слоёв Земли. Вода земной коры — звено мирового круговорота.

Родники и колодцы часто используются в качестве источников водоснабжения. Люди берут воду из родников и колодцев, считая, что она чистая, но это не всегда так.

Родники — это незащищенные водоисточники, качество воды которых может меняться в зависимости от различных условий. Чистота родника зависит от места, где он выходит на поверхность.

Колодец — гидротехническое сооружение для добывания и получения подземных вод из первого от поверхности безнапорного водоносного пласта, обычно представляющее собой шахту квадратного или круглого сечения.

Ухудшение качественного состава воды мешает нормальному существованию представителей флоры и фауны. В организме происходят сбои, которые ведут к проблемам со здоровьем.

Опасные вещества накапливаются в водоемах. Проникая в живой организм они способны провоцировать разные виды хронических заболеваний, приводить к изменениям на генетическом уровне, способны вызывать мутации и увеличивать частоту канцерогенеза. Опасность представляют тяжелые металлы, которые в большом количестве содержатся в грязной воде. Они не выводятся из

человеческого организма, накапливаясь в нем и негативно влияя на репродуктивные функции человека.

Для использования воды из родников необходимо провести ряд исследований и установить степень загрязнения воды. Родник - естественный выход подземных вод на земную поверхность на суше или под водой. Образование источников может быть обусловлено различными факторами:

- пересечением водоносных горизонтов отрицательными формами современного рельефа (например, речными долинами, балками, оврагами, озёрными котловинами).
- геолого-структурными особенностями местности (наличием трещин, зон тектонических нарушений, контактов изверженных и осадочных пород).

Благодаря изучению качества родниковых или колодезных вод с помощью метода биотестирования мы можем дать ответ на простой вопрос: «Токсична вода источника или нет?».

Цель исследования заключается в токсикологической оценке качества подземных и поверхностных вод Ярославской области методом биотестирования на цериодафниях.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Оценить качество воды из нескольких подземных источников Ярославской области методом биотестирования.
2. Оценить качество проб воды из подземных источников Ярославской области по органолептическим показателям.
3. Определить химические показатели воды из выбранных источников - pH (с помощью полос универсального индикатора, лакмуса, фенолфталеина, метилового оранжевого) и содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Fe^{2+} (при помощи карбоната натрия, хлорида бария и гидроксида натрия) - в пробах воды из подземных источников Ярославской области.
4. Сравнить качество воды исследуемых источников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика тест-объекта

В качестве тест-объекта используется вид *Ceriodaphnia affinis*. Относится к низшим ракообразным, отряду ветвистоусых (Cladocera), семейству дафнид (Daphniidae), роду цериодафний (Ceriodaphnia).

Этот вид распространен по всему земному шару. Цериодафния обитает в водоемах всех типов в Европе. Северной Африке, Азии. Южной Америке. Населяет неглубокие, преимущественно небольшие озера, пруды, садки, реки и разнообразные маленькие водоемы, а также каменистые лужи побережий полярных морей. В маленьких водоемах этот вид встречается реже, чем другие цериодафнии. В больших, глубоких водохранилищах и озерах встречаются единично. В Европе встречаются только в литоральном планктоне, на открытых местах, между зарослей тростника и между растениями над затопленным дном.

Характеристика исследуемых водных объектов

Для исследования были выбраны 8 водных объектов: колодцы и родники.

Точка отбора проб 1 – колодец в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский). Примерная глубина колодца составляет – 20-25м.

Точка отбора проб 2 – святой источник Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский).

Точка отбора проб 3 – колодец в селе Погост(городской округ Переславль-Залесский). Примерная глубина колодца составляет 10м.

Точка отбора проб 4 – колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)(1). Примерная глубина составляет 15м.

Точка отбора проб 5 – колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская(1). Колодец находится на территории частного приусадебного участка. Примерная глубина составляет 1-2м.

Точка отбора проб 6 - колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская(2). Колодец находится на территории частного приусадебного участка. Вода находится на уровне земли.

Точка отбора проб 7 – колодец в селе Большая Брембола (городской округ Переславль-Залесский)(2). Колодец находится на территории частного приусадебного участка. Примерная глубина составляет 5м.

Точка отбора проб 8 – родник в п.Красные ткачи (городской округ Ярославль).

Метод органолептического анализа по государственному стандарту

Определение цвета и мутности воды:

Химики определяют цвет воды с помощью специальной шкалы цветности. Цветность – это определенный цветовой оттенок воды. Чистая вода не должна иметь почти никакого цвета.

В демонстрационную пробирку высотой 15-20см или стеклянный цилиндр налейте исследуемую воду, под него положите лист белой бумаги(в качестве фона). Заполните пробирку водой до высоты 10-12см. Определите цветность воды, рассматривая воду сверху при достаточном боковом освещении. Выберите наиболее точное название оттенка: прозрачная, слабо-желтоватая, светло-желтоватая, желтая, интенсивно желтая, коричневая, красно-коричневая.

Для определения мутности воды мерный цилиндр с прозрачным дном установите на газетной или книжной странице с текстом. Подливайте в цилиндр порциями по 10 мл воду из анализируемого источника до тех пор, пока текст, на который вы смотрите сверху через толщу воды, не будет расплываться.

Измерьте линейкой высоту столба жидкости. Условно принимая степень определения прозрачности дистиллированной воды за 100%, определите степень прозрачности исследуемой пробы, разделив высоту ее столба на высоту столба дистиллированной воды и умножив полученный результат на 100%.

Определение характера и интенсивности запаха:

Характер запаха воды определяют ощущением воспринимаемого запаха(землистый, хлорный, нефтепродуктов и др.).

В колбу с притертой пробкой вместимостью 250-350см³ отмеривают 100см³ исследуемой воды. Колбу закрывают пробкой, содержимое колбы несколько раз перемешивают вращательными движениями, после чего колбу открывают и определяют характер и интенсивность запаха.

Интенсивность запаха воды оценивают по пятибалльной системе согласно требованиям (Приложение 1).

Условия проведения биотестирования

Биотестирование проводится в нормальных лабораторных условиях. Помещение не должно содержать токсичных паров и газов, а также следов обработки помещений инсектицидами, пестицидами и пр. Температура окружающего воздуха в лаборатории от +19 до +24°C, в люминостате для биотестирования - от +22 до +24°C. Атмосферное давление 84 - 106 кПа (630-800 мм рт. ст.).

Освещение помещения естественное или искусственное, не ограничено особыми требованиями. Освещение в люминостате - лампами дневного света. Освещенность для цериодафний 500 1000 лк, для водорослей 3000-4000 лк.

Методика основана на определении смертности цериодафний (*Ceriodaphnia affinis*) при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ. Острое (кратковременное) токсическое действие на цериодафний растворов исследуемой воды определяется по летальности организмов за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 20% и более цериодафний за 48 часов в исследуемой воде при условии, что в контроле летальность организмов не превышает 10%.

Биотестирование родниковой воды проводили в остром опыте продолжительностью 48 часов.

Для тестирования исследуемую воду наливали в пенициллиновые флаконы объемом по 15 мл, в каждый из которых помещали по одной цериодафнии. Также ставили контрольные опыты с культивационной водой. Каждый эксперимент и контрольный опыт проводили в трех повторностях. Через 48 часов визуально отмечали и подсчитывали количество живых рачков. Выжившими считали особей, которые свободно двигаются в толще воды или всплывают со дна сосуда после его легкого встряхивания.

Результаты исследований вносятся в таблицу, предварительно обработанные по формуле (1):

$$A = \frac{X_{\text{к}} - X_{\text{т}}}{X_{\text{к}}} \cdot 100\% \quad (1), \text{ где}$$

$X_{\text{к}}$ – количество выживших особей в одной повторности: контрольного раствора – $X_{\text{к}}$; тестируемого раствора – $X_{\text{т}}$.

Для токсикологической оценки воды использовали критерии, предложенные Б.А. Флеровым, при которых:

- если A составляет менее **20%** – вода является **не токсичной**;
- если A составляет от **20** до **50%** – вода является **токсичной**;
- если A составляет **50%** и более – вода является **очень токсичной**.

Методика химического анализа

Для проведения химического анализа потребуются: полоски универсального индикатора, фенолфталеина, лакмуса и метилового оранжевого и пластинка для проведения микрореакций – для определения pH , Na_2CO_3 , BaCl_2 , NaOH и 9 пробирок – для определения содержания ионов. На пластинку для проведения микрореакций нанести небольшое количество воды из трех выбранных источников и по очереди опускать полоски индикатора, затем сравнить полученные цвета полосок с контрольной шкалой, сделать выводы и внести результаты в таблицу. Для проведения качественных реакций необходимо

разлить каждую из исследуемых вод в 9 пробирок, добавлять заготовленные реактивы к каждой воде и наблюдать за наличием осадка/помутнения, сделать выводы о содержании ионов в воде и внести результаты в таблицу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение качества воды в источнике №1 (колодец в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский))

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из колодца в селе Ям показало наличие погибших особей цериодафний в воде колодца (Приложение 2).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 1.

Таблица 1.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из колодца в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский).

Мутность	1%
Запах	1 балл
Цвет	Слабо-желтоватый

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода имеет слабо-желтоватый цвет, запах, обнаруживаемый при лабораторном исследовании и небольшую мутность. Вода пригодна для питья, но лучше воздержаться.

Таким образом, результаты биотестирования показали, что летальность воды из данного источника составила 33%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из колодца является токсичной.

Определение качества воды в источнике №2 (святой источник Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский))

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из святого источника Никиты Столпняка (городской округ Переславль-Залесский) показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 3).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 2.

Таблица 2.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из святого источника Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский)

Мутность	0%
Запах	0 баллов
Цвет	Прозрачный

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода не имеет цвета, запаха и мутности. Вода пригодна для питья.

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде водоема. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 13%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из святого источника Никиты Столпняка (городской округ Переславль-Залесский) не является токсичной.

Определение качества воды в источнике №3 (колодец в селе Погост(городской округ Переславль-Залесский))

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из колодца в селе Погост(городской округ Переславль-Залесский) показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 4).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 3.

Таблица 3.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из колодца в селе Погост(городской округ Переславль-Залесский).

Мутность	0%
Запах	0 баллов
Цвет	Прозрачный

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода не имеет цвета, запаха и мутности. Вода пригодна для питья.

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде водоема. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 10%. Такие результаты показывают, что по критериям

токсикологической оценки вода из колодца в селе Погост (городской округ Переславль-Залесский) не является токсичной.

Определение качества воды в источнике №4 колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 5).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 4.

Таблица 4.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский).

Мутность	0%
Запах	0 баллов
Цвет	Прозрачный

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода не имеет цвета, запаха и мутности. Вода пригодна для питья.

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде водоема. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 27%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) является токсичной.

Определение качества воды в источнике №5 (колодец в селе Погост(городской округ Переславль-Залесский))

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 6).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 5.

Таблица 5.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из колодца в городе Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская.

Мутность	2%
Запах	0 баллов
Цвет	Слабо-желтоватый

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода не имеет запаха, слабо-желтоватый цвет и небольшую мутность. Вода пригодна для питья, но лучше воздержаться.

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде водоема. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 13%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская не является токсичной.

Определение качества воды в источнике №6 (колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская)

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 7).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 6.

Таблица 6.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из колодца в городе Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская.

Мутность	2%
Запах	0 баллов
Цвет	Светло-желтоватый

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода не имеет запаха, слабо-желтоватый цвет и небольшую мутность. Вода пригодна для питья, но лучше воздержаться.

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде водоема. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 40%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская является токсичной.

Определение качества воды в источнике №7 (колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский))

Отбор проб воды проводили в октябре 2023 года. Тестирование проб воды из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 8).

Результаты органолептического анализа исследуемой пробы внесены в Таблицу 7.

Таблица 7.

Результаты органолептического анализа в исследуемой воде из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский).

Мутность	7%
Запах	3 балла
Цвет	Желтый

Таким образом, по результатам органолептического анализа вода имеет запах, который легко замечается, желтый цвет и мутность. Вода не пригодна для питья.

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде водоема. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 93%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) является очень токсичной.

Определение качества воды в источнике №8 (родник п.Красные ткачи)

Отбор проб воды проводили в мае 2022 года. Тестирование проб воды из родника показало наличие погибших особей цериодафний в воде (Приложение 9).

При биотестировании было отмечено наличие погибших особей рачков в воде из родника. Расчёт летальности показал, что летальность воды из данного источника составила 17%. Такие результаты показывают, что по критериям токсикологической оценки вода из родника не является токсичной.

Сравнение качества воды из исследуемых водных объектов по показателю токсичности.

В ходе исследования были получены данные по проценту летальности цериодафний в воде разных водных объектов (Приложение 10).

Таким образом, вода из всех источников показала летальность от 10 до 93%. Можно отметить, что не токсичной является вода только из четырех источников – из Святого источника Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский) – 13%, из колодца в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский) – 10%, из родника в п.Красные Ткачи(городской округ Ярославль) – 17% и из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская – 13%. Самый высокий показатель летальности имеет вода из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) – 93%. Самый низкий показатель летальности имеет вода из колодца в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский) – 10%.

Сравнение качества воды из исследуемых водных объектов по органолептическому анализу.

Таким образом, по результатам органолептического анализа употреблять воду без последствий можно только из трех источников – из святого источника Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский), из колодец в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский), из колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский). Однако результаты биотестирования источников 4 и 5 расходятся с органолептическим анализом. По результатам биотестирования вода из источника 4 токсична, а по

результатам органолептического анализа ее можно употреблять. По результатам биотестирования вода из источника 5 не является токсичной, а по результатам органолептического анализа ее употреблять нежелательно.

Таким образом, можно заключить, что биотестирование проб воды является более показательным методом оценки качества воды. И не всегда вода «чистая» на первый взгляд может быть пригодна для употребления. (Приложение 11).

Сравнение качества воды из выбранных водных объектов по химическому анализу.

Выбранные мной источники:

- Колодец в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский) – Источник 1, летальность цериодафний 33%, органолептика – воду нежелательно употреблять.
- Колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)(1) – Источник 4, летальность цериодафний 27%, органолептика – воду нежелательно употреблять.
- Колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская(1) – Источник 5, летальность цериодафний 13%, органолептика – воду нежелательно употреблять.

1. Определение pH выбранных водных объектов(Приложение 12)

2. Качественный анализ(Приложение 13)

Таким образом, вода из Источника 1 имеет слабо кислую среду, у остальных источников среда нейтральная. Также в воде из всех выбранных источников содержатся ионы кальция, магния, железа и сульфат-анионы.

Одной из причин повышенной токсичности проб воды может служить увеличенное содержание протестированных ионов.

ВЫВОДЫ

1. Оценка качества воды проб воды из подземных источников Ярославской воды методом биотестирования показала, что по показателю летальности цериодафний токсичной оказалась вода из колодца в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский), из двух колодцев в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский), из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская. Вода из Святого источника Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский), из колодца в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский), из родника в п.Красные Ткачи(городской округ Ярославль) и из колодца в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская. По показателю летальности цериодафний является чистой.

2. По органолептическим показателям показано, что вода практически из всех обследованных источников не пригодна для употребления.

3. Оценка химических показателей воды из обследованных источников показала, что вода из колодца в селе Ям имеет слабокислую среду и содержит ионы кальция, магния, железа и сульфат-анионы. Вода из колодца в селе Большая Брембола имеет нейтральную среду и содержит ионы кальция, магния, железа и сульфат-анионы. Вода из колодца в г. Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская имеет нейтральную среду и содержит ионы кальция, магния, железа и сульфат-анионы.

1. Летальность цериодафний в тестируемой воде из подземного источника колодца в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский) составила 33%, вода является токсичной.
2. Летальность цериодафний в тестируемой воде из святого источника Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский) составила 13%, вода не является токсичной.
3. Летальность цериодафний в тестируемой воде из подземного источника колодца в деревне Погост(городской округ

- Переславль-Залесский) составила 10%, вода не является токсичной.
4. Летальность цериодафний в тестируемой воде из подземного источника колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) составила 27%, вода является токсичной.
 5. Летальность цериодафний в тестируемой воде из подземного источника колодца в городе Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская составила 13%, вода не является токсичной.
 6. Летальность цериодафний в тестируемой воде из подземного источника колодца в городе Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская составила 40%, вода является токсичной.
 7. Летальность цериодафний в тестируемой воде из подземного источника колодца в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский) составила 93%, вода является очень токсичной.
 8. Летальность цериодафний в тестируемой воде из родника (п.Красные ткачи, городской округ Ярославль) составила 17%, вода не является токсичной.
 9. Наилучшим качеством, из исследуемых источников, обладает вода из колодца в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский).

Список литературы

- Рябухина, Е.В., Зарубин, С.Л. Биологические методы определения токсичности водной среды: Методические указания "Биотестирование". – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 64 с.
- Альтовский М. Е. Классификация родников // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, Сб. 19. М., 1961.
- Иностранцев А.А. Источники, ключи или родники//Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907
- Известия, Ключевая беда: чистота родниковой воды оказалась мифом, Сергей Гурьянов, <https://iz-ru.turbopages.org/iz.ru/s/1063498/sergei-gurianov/kliuchevaia-beda-chistota-rodnikovo-vody-okazalas-mifom>
- Cleanbin.ru, Загрязнение воды: причины, последствия и методы решения экологической проблемы, <https://cleanbin-ru.turbopages.org/cleanbin.ru/s/problems/water-pollution>
- ГОСТ Р 57164-2016: Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности от 17 октября 2016.

Приложение 1

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха, балл
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании	1
Слабая	Запах легко замечается потребителем, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья	5

Приложение 2

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (колодец в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 3

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (святой источник Никиты Столняка(городской округ Переславль-Залесский))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 4

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (колодец в селе Погост(городской округ Переславль-Залесский))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 5

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб.

Приложение 6

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 7

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+
	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+
	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 8

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 9

Результаты исследования смертности цериодафний в воде контрольной и опытной пробы (родник п.Красные ткачи)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Опыт	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+

Примечание: «+» - рачок живой, «-» - рачок погиб

Приложение 10

Водный объект	Летальность, А%
Колодец в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский)	33
Святой источник Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский)	13
Колодец в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский)	10
Колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)(1)	27
Колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская(1)	13
Колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская(2)	40
Колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)(2)	93
Родник в поселке Красные Ткачи(городской округ Ярославль)	17

Приложение 11

Водный объект	Результаты органолептического анализа
Колодец в селе Ям(городской округ Переславль-Залесский)	Нежелательно употреблять
Святой источник Никиты Столпняка(городской округ Переславль-Залесский)	Вода пригодна для питья
Колодец в деревне Погост(городской округ Переславль-Залесский)	Вода пригодна для питья
Колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)	Вода пригодна для питья
Колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская	Нежелательно употреблять
Колодец в г.Переславль-Залесский, улица 3я Гражданская	Нежелательно употреблять
Колодец в селе Большая Брембола(городской округ Переславль-Залесский)	Вода не пригодна для питья

Приложение 12

	Универсальный индикатор	Лакмус	Фенолфталеин	Метиловый оранжевый
Источник 1	pH=6 слабо кислая среда	pH=6.8 слабо кислая среда	Без изменений	Без изменений
Источник 4	pH=7	Без изменений	Без изменений	Без изменений
Источник 5	pH=7	Без изменений	Без изменений	Без изменений

Приложение 13

	Источник 1	Источник 4	Источник 5
Ha Ca^{2+} , Mg^{2+} (Na_2CO_3)	помутнение	помутнение	помутнение
Ha SO_4^{2-} (BaCl_2)	помутнение	помутнение	помутнение
Ha Fe^{2+} (NaOH)	белый осадок	белый осадок	белый осадок