

Российский национальный юниорский водный конкурс

**Комплексная оценка воды,
используемой в Кондопоге для питья**

Автор: Таранина Элеонора Алексеевна,
ученица 10 класса

Руководитель: Юнаковская Ирина Геннадьевна,
учитель биологии

Научный руководитель: Никерова Ксения Михайловна,
руководитель лаборатории аналитической
Института леса КарНЦ РАН.

Республика Карелия

2019

Аннотация

Исследования включали в себя физико-химический анализ родниковой воды воды, бактериологическое исследование и биотестирование с помощью тест-объекта *Ceriodaphnia affinis*. Результаты показали, что прозрачная на вид вода может содержать большое количество микробных бактерий и недопустимых химических веществ, которые выходят за пределы ПДК. Пить несанкционированную родниковую воду не рекомендуется, т.к. она не проходит проверку и систему очистки. Даже после кипячения в воде не исчезают споровые культуры, а некоторые химические компоненты переходят в более опасное соединение. Поэтому кипячение можно рассматривать только как альтернативный способ обработки воды. Наиболее безопасной на сегодняшней день остается водопроводная вода, по большинству показателей соответствующая санитарным нормам.

1. Введение

Каждый человек потребляет воду. По данным опроса выяснилось, что жители г. Кондопоги используют для питья родниковую и бутилированную воду, т.к. она выглядит более прозрачной и не имеет запаха. Водопроводная вода имеет желтоватый оттенок, обладает хлорным запахом. Однако судить о качестве воды по органолептическим показателям нельзя. Питьевая вода должна соответствовать всем санитарным нормам, т.к. содержание в ней недопустимых концентраций химических веществ и микроорганизмов может отрицательно повлиять на наше здоровье. Поэтому я решила комплексно исследовать, насколько качество грунтовой и водопроводной воды благоприятное. Питьевые источники, пользующиеся наибольшим спросом, были выбраны для отбора в качестве объектов исследования (Приложение 1,2).

Цель: определение пригодности грунтовых вод пяти родников Кондопожского и Прионежского районов в качестве питьевого источника, как альтернатива водопроводной и бутилированной воде, и оценка возможности использования тест-объекта *Ceriodaphnia affinis*, как индикатора питьевой воды.

Задачи:

1. Провести приборный органолептический (цветность, мутность) и физико-химический анализ исследуемой воды.
2. Сопоставить результаты физико-химического анализа исследуемых источников и ПДК питьевой воды.
3. Определить общее микробное число (ОМЧ), *Coli T* и *Coli Ind* в исследуемых водах и сравнить результаты с нормами СанПин.
4. Сопоставить результаты биотестирования, физико-химического и бактериологического анализов воды.
5. Проанализировать изменения физико-химических показателей в результате жизнедеятельности *Ceriodaphnia affinis*.
6. Определить биотестовые возможности *Ceriodaphnia affinis* в разных химических условиях.

Объект исследования: Грунтовая вода из пяти родников, водопроводная вода, бутилированная вода «Карельская Жемчужина», тест-объект *Ceriodaphnia affinis*.

Предмет исследования: качество грунтовой воды, биотестовые возможности *Ceriodaphnia affinis*.

Гипотеза: предположим, что пригодная по органолептическим свойствам родниковая вода безопасна для питья, а *Ceriodaphnia affinis*, являясь индикатором, может отражать разный физико-химический статус.

2. Материал и методика

2.1. Географическая характеристика источников

Точка 1. Родник расположен к востоку от озера Нигозеро в 2,5 км от ул. Зелёная. $S = 4 \text{ м}^2$, глубина = 80 см (Приложение 3). **Точка 2** - в д. Подгорная в 2,5 км. от ул. Кондопожская. $S = 4 \text{ м}^2$, глубина = 50 см (Приложение 4). **Точка 3.** - на окраине города на ул. Зеленая, в 2-х м от берега оз. Нигозеро и 5 м от автомобильной дороги (Приложение 5). **Точка 4.** - в дачном кооперативе «Онего-2», в 2,5 км от ул. Кондопожская, поблизости располагаются заболоченные участки леса (Приложение 6). **Точка 5.** - в рельефном углублении на северо-западной окраине города на левом берегу р. Неглинки на ул. Вольная в г. Петрозаводск. Находится практически в центре города, окружён автомобильными дорогами, жилыми домами и культурными объектами (Приложение 7). **Точка 6.** Водопроводная вода на ул. Октябрьское шоссе д.65. Производился отбор холодной проточной воды. **Точка 7.** Бутилированная вода под маркой «Карельская Жемчужина», расположенная в 12 км от Петрозаводска в природоохранной зоне Прионежского района на глубине 120 м [2].

2.2. Методы химического анализа

Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Физико-химический анализ выполнен согласно следующим методам с модификациями: фосфаты – ГОСТ 18309-2014, цветность - ГОСТ 31868-2012, мутность - ПНД Ф 14.1:2:4.213-05, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn - ГОСТ 31870-2012, бихроматная окисляемость - ГОСТ Р 52708-2007, pH - ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97, хлориды - РД 52.24.361-2008, нитраты - РД 52.24.367-2010, нитриты - РД 52.24.381-2006, аммонийный азот - РД 52.24.394-2012.

Все физико-химические показатели сравнивали с ПДК для питьевой воды [6].

2.3. Методика бактериологического анализа

Исследования проводились на базе микробиологической лаборатории медицинского института ПетрГУ согласно методическим указаниям по водной микробиологии [3]. Три повторности по 1 мл заливались на среду Эндо в чашки Петри. Учёт проводился с помощью программы по подсчету биологических объектов на цифровых носителях «ImageJ». Для определения общего микробного числа (ОМЧ) подсчитывались все образовавшиеся колонии, бактерий группы кишечной палочки (БГКП) - колонии с металлическим блеском. *Coli Ind* рассчитывался по формуле: $\frac{n*1000ml}{U}$, *Coli T* - $\frac{U*1}{n}$, где n - количество бактерий группы кишечной палочки, U -объем жидкости. Результаты

сравнивались с нормами СанПиН: ОМЧ - не более 50 КОЕ/мл, *Coli Ind* - не более 3, *Coli T* - не менее 300 [6].

2.4.Методика биотестирования

Биотестирование проводилось согласно методическим указаниям по биологическим методам определения токсичности водной среды [7]. Для определения экологического состояния воды использовалось партеногенетическое третье поколение маточной культуры *Ceriodaphnia affinis* [5]. По каждой исследуемой воде использовалось 10 параллельных серий. В течение 10 дней приводился учет родившейся молоди.

3. Результаты

3.1. Погодные условия. В каждую из дат отбора было проведено наблюдение за погодными условиями: измерялись температуры воздуха и воды, влажность воздуха, атмосферное давление (Приложение, табл.1).

3.2.Химический анализ воды и сезонная динамика химических показателей

Содержание NO_2^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Ca , Mg , Na , Mn и pH во всех исследуемых источниках не превышало ПДК питьевой воды (Приложение, табл.2,3,4,5,6,7).

В каждой исследуемой воде наблюдалось, по крайней мере, однократное превышение ПДК **мутности**, кроме воды из 3-ей точки: 3.11.2017 во 2,4,5,6-ой, в декабре – 4,6-ой, в июле – 4-ой, 31.08.2018 – во 2-ой, в сентябре – в 1,2,5,6 – ой.

В ноябре-декабре **концентрация углерода (бихроматная окисляемость)** в точках 4,6,7 превышает ПДК из-за низких температур, способствующих накоплению органики. В точке 7 высокое содержание углерода свидетельствует о его накоплении на глубине скважин. В летние месяцы этот показатель низкий из-за высоких скоростей трансформации. Несмотря на это, 14.06.2018 в точке 2 значение превышает ПДК на 2 мг/л, а 31.08.2018 в точке 3 на 14 мг/л. Трудноокисляемая органика влияет на повышение **цветности** воды, которая часто превышала ПДК. 31.08.2018 значения превышают ПДК во всех исследуемых водах, 3.11.2017 за исключением точки 3; 28.12.2017 в точках 1,3,4,5; 5.08.2017 в 1-ой и 7-ой, 25.07.2018 в 4-ой на 20 градусов. Лидером стала водопроводная вода, в которой цветность выше ПДК в 1,5-3 раза, что связано со значительным содержанием железа в ней (от 0,318 до 0,367 мг/л).

Достаточно высокое содержание NO_3^- в декабре 2017 г согласуется с низким содержанием NO_2^- , так как низкие температуры замедляют превращение NO_3^- в NO_2^- . Превышение наблюдается в точках 4,5 на 63 и 42 мг/л соответственно. 31.08.2018 концентрация превышает ПДК в точках 3,4,5, а 25.07.2018 в 5-ой (50 мг/л). Большую опасность вызывают NO_2^- [4], а их содержание никогда не превышало ПДК.

Превышение NH_4^+ наблюдается 25.07.2018 в точках 1,2,3,5, 3.11.2017 в 1-ой и 7-ой, 11.09.2018 в 7-ой на 4,5 мг/л. В 5-ой точке отбора превышения вызваны расположением родника в районе с высокой антропогенной нагрузкой. Для родников, находящихся в свободном доступе, часто наблюдают превышение данного показателя.

Обращает на себя внимание очень высокое, превосходящее ПДК в 3,5 раза, содержание **K** в июне 2018 г. в точке 7.

3.3. Влияние погодных условий на химический состав воды

Дождь во время отбора 31.08.2017г. не вызвал одностороннего действия (Приложение, табл.9), что связано с разным месторасположением источников. Результаты сравнивались с отбором, произведенным 5.08.2017 г. Однако концентрация NO_3^- (кроме воды из т.5) и NH_4^+ увеличивается, вероятно, из-за усиления гидролиза азотных соединений, имеющих природное и антропогенное происхождение. Содержание некоторых элементов уменьшалось, что можно объяснить разбавлением.

3.4. Влияние кипячения на химические показатели исследуемых источников

Кипячение исследуемой воды не вызвало одностороннюю реакцию химических соединений. Однако концентрация NH_4^+ уменьшается, что может свидетельствовать о разрушении органики. В некоторых источниках цветность воды повышается из-за образования различных нерастворимых солей. После кипячения вода становится более щелочная, что может быть обусловлено концентрированием солей (Приложение, табл.10). При бактериологическом анализе однократное кипячение вызвало угнетение только вегетативных клеток бактерий, а споровые культуры были активны. Поэтому воду после кипячения необходимо фильтровать [8].

3.5. Бактериологический анализ источников

В 1-ой точке отбора 31.08.2018 г. наблюдается однократное превышение ОМЧ на 60 КОЕ/мл. Однако содержание в воде БГКП выше нормы в 8-12 раз, кроме отбора в июле. **Во 2-ой точке** 14.06.2018, 25.07.2018 наблюдается незначительное превышение санитарной нормы по ОМЧ, что подвержено влиянию сезонных факторов. 3.11.2017 и 11.09.2018 не было обнаружено ни одного микроорганизма. Однако в остальные отборы *Coli Ind* превышал норму и варьировал в пределах от 4 до 11 КОЕ/мл. **В 3-ей точке** 5.08.2017 значение ОМЧ превышает норму на 35 КОЕ/мл, а 11.09.2018 на 950 КОЕ/мл. Содержание БГКП в воде незначительно превышало норму на 1- 6 КОЕ/мл. **В 4-ой точке** ОМЧ варьирует в пределах 12-103 КОЕ/мл. Из них в июле, августе и декабре была превышена норма. Значение *Coli Ind* было превышено в августе и июле. В целом значения БГКП варьировали от 1 до 6 КОЕ/мл. **В 5-ой точке** 31.08.2018 наблюдалось однократное превышение ОМЧ. Однако все остальные значения очень

близки к санитарной норме: от 36 до 49 КОЕ/мл. Только 14.06.2018 образовалась 1 колония из трех повторностей. *Coli T* и *Coli Ind* был значительно выше нормы. Проходящая систему очистки **водопроводная вода** за весь период наблюдения имеет ОМЧ 0-43 КОЕ/мл, *Coli Ind* и *Coli T* (0-3), соответствующие СанПиН. **В 7-ой точке** наблюдается высокая численность БГКП. ОМЧ колоний изменялось от $1,6 \times 10^2$ до $2,1 \times 10^3$ колониеобразующих единиц в 1 мл, что значительно превышает норму. Однако в ноябре ОМЧ соответствует санитарной норме (24 КОЕ/мл).

3.6. Изменение численности бактерий в исследуемых пробах воды в зависимости от сезона отбора проб

В течение исследуемого периода по результатам анализа численности бактерий в точках 2 и 7 наблюдалось снижение величины ОМЧ (от $2,1 \times 10^3$ до $1,6 \times 10^2$ КОЕ/мл и от 87 до 0 КОЕ/мл соответственно). В точках 1,5,6 наивысшие значения ОМЧ (123, 109, 39 КОЕ/мл) наблюдались в конце августа, в точках 3,4 - в начале сентября, что связано с повышением поступления азотсодержащей органики в воду.

31.08.2017 в составе микрофлоры воды из точек 1,4,6 обнаружены споровые культуры. В 1-ой точке споры были обнаружены 31.12.2017, а в водопроводной воде 11.09.2018. Наличие споровых почвенных культур – бактерий рода *Bacillus*, косвенно свидетельствует о контакте воды с почвой или о наличии неблагоприятных факторов среды, которые могут провоцировать переход вегетативных клеток в спорогенные.

31.08.2017 во 2-ой точке отбора, 14.06.2018 в 3,5-ой, 11.09.2018 в водопроводной воде обнаружены низшие микроскопические грибы, формирующие на агаризованных средах крупные пушистые колонии с выраженным вегетативным мицелием. Низшие грибы являются сапротрофами и редуцентами органики.

11.09.2018 посев осуществлялся на агаризованную питательную среду. В точках 1,4,5,7 были обнаружены аммонифицирующие (гнилостные) микроорганизмы, которые свидетельствуют о свежем органическом загрязнении.

Результаты *Coli Ind* и ОМЧ имеют схожие тенденции. С увеличением ОМЧ растет вероятность обнаружения большего количества БГКП. *Coli T* имеет обратную зависимость от *Coli Ind*, т.к. чем больше БГКП, тем меньше будет значение *Coli T* (Приложение, табл. 11).

3.7. Анализ активности дафний

1. Сезонная динамика активности дафний

В декабре-ноябре схожие погодные условия вызвали подобную жизнедеятельность дафний (Приложение 8). В августе наблюдался всплеск их плодовитости, что сопровождалось резким увеличением многих химических

показателей. В июле наименьшую активность дафний можно объяснить высокими температурными показателями их содержания ($t=+26-+28^{\circ}\text{C}$).

Если бы вода не содержала никаких химических веществ, была бы химически чистая, то дафниям могло бы не хватать питания, следовательно, их выживаемость и плодовитость была бы снижена. Параллельное проведение эксперимента в дистиллированной воде подтвердило это: на 2-ой день все дафнии погибали, вероятно, из-за недостатка экзогенного питания.

2. Отличия жизнедеятельности дафний в исследуемых источниках

Статистический анализ был выполнен с использованием двухвыборочного t -теста с различными дисперсиями в программе Microsoft Excel. Достоверными считались отличия с уровнем значимости $p<0,05$.

В декабре и ноябре точки 4 и 5 достоверно отличались от всех исследуемых проб ($0,01 < p < 0,0001$) по количеству дафний. В 6-ой точке отбора их количество было значимо больше, а в 4-ой – значимо меньше по сравнению с остальными исследуемыми источниками воды. В эти же даты отбора количество дафний в 7-ой точке было значимо ниже, чем в 5-ой ($p<0,05$). В июле не обнаружено достоверной разницы между количеством дафний в исследуемых источниках. В августе число дафний из точек 4,5 были достоверно ниже, чем в остальных ($0,01 < p < 0,0001$). В сентябре в 4-ой точке отбора было обнаружено достоверно более низкое количество дафний, по сравнению со всеми исследуемыми пробами ($0,01 < p < 0,0001$). В свою очередь, число дафний из 3-ей и 6-ой точек достоверно ниже, чем тоже количество из 2-ой и 5-ой ($0,05 < p < 0,0001$). 3-я точка так же достоверно отличается от 1,5,7-ой по количеству дафний ($0,05 < p < 0,0001$).

3.8. Обсуждение химических показателей, отражающих индикационную роль

***Ceriodaphnia affinis* в различных источниках.**

Была определена разница содержания исследуемых химических показателей, для расчета которой из количественных характеристик показателей после 10-дневного поселения дафний вычиталось содержание тех же показателей в исходных источниках. Многие из показателей не отразили какой-либо четкой зависимости (однонаправленного увеличения или уменьшения), однако некоторые константно увеличивались, характеризуя активную жизнедеятельность цериодадфний в исследуемых водах, которая сопровождалась повышением NO_2^- , PO_4^{3-} и защелачиванием среды. Использованная для исследования вода, содержала различную химическую матрицу (Приложение, табл. 1,2,3,4,5,6,7), что сопровождалось разной плодовитостью дафний в сезоне (Приложение, табл. 10). Были проанализированы общие тенденции изменения химических показателей в теплый (летний) и холодный

(ноябрь, декабрь) периоды. Наиболее яркими оказались следующие химические показатели: водородный показатель pH, бихроматная окисляемость, NO_2^- , PO_4^{3-} , Ca и K. В зимний период так же показательным стало содержание Mg, а в летний – мутность воды. Обнаружена следующая взаимосвязь в теплый и холодный период соответственно: увеличение плодовитости дафний связано с увеличением содержания NO_2^- и понижением содержания PO_4^{3-} (Приложение, табл.11).

4. Выводы

1. Содержание Cl^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Na, Ca, Mg, Mn и pH во всех исследуемых источниках не выходят за пределы ПДК питьевой воды, что соответствует норме.
2. В исследуемых источниках наблюдались однократные превышения по показателю цветности. Во 2,4,6,7 точках отбора – по бихроматной окисляемости, что может свидетельствовать о наличии трудноокисляемого углерода. В 4,5-ой – по содержанию нитратного азота, а в 1,2,3,4,7-ой - аммонийного. В 1,2,4,5,6-ой – по показателю мутности. В 6-ой и 7-ой по обнаруженной концентрации Fe и K соответственно.
3. Активность химических процессов, которая выражается концентрацией различных химических компонентов, зависит от погодных условий, что также влияет на изменчивость бактериологических показателей.
4. Во всех исследуемых источниках, за исключением водопроводной воды, наблюдаются сезонные превышения санитарных норм ОМЧ, *Coli T* и *Coli Ind*, что свидетельствует об органических загрязнениях воды.
5. В 1,4,5,7-ой точках отбора присутствуют аммонифицирующие бактерии; 1,6-ой – споровые культуры; 2,3,5,6-ой – колонии низших микроскопических грибов.
6. Физико-химический состав исследуемых источников влияет по-разному на жизнеспособность *Ceriodaphnia affinis* в зависимости от их ассимиляционных и диссимиляционных процессов.
7. *Ceriodaphnia affinis* показала возможность её использования в качестве модельного тест-объекта для диагностики питьевой воды.

5. Заключение

В процессе исследования было подтверждено, что прозрачная на вид вода может содержать большое количество микробных бактерий и недопустимых химических веществ, которые выходят за пределы ПДК. Пить несанкционированную родниковую воду не рекомендуется, т.к. она не проходит проверку и систему очистки. К сожалению, даже после кипячения в воде не исчезают споровые культуры, а некоторые химические компоненты переходят в более опасное соединение. Поэтому кипячение можно рассматривать только как альтернативный способ обработки воды.

Следовательно, первая часть гипотезы не подтвердилась. Наиболее безопасной на сегодняшней день остается водопроводная вода, по большинству показателей соответствующая санитарным нормам.

Так же в процессе исследований было доказано, что дафнию можно использовать как модельный объект, т.к. это живая система, на которую могут повлиять различные химические вещества и ее активная жизнедеятельность – показатель наличия химического загрязнения. Использование дафний экономически выгоднее, т.к. это потребует меньших финансовых затрат (200-500 рублей), а для проведения комплексного анализа воды необходимо затратить 3000-8000 рублей.

Практический результат проведенных исследований - информирование жителей г. Кондопоги о состоянии воды, используемой ими в качестве питьевого источника – статья в газете «Новая Кондопога» и информационные щиты у родников.

6. Источники информации

1. Google Earth [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://earth.google.com/web/@.>
Дата обращения: 27/01/2019
2. Карельская Жемчужина – Карельская Жемчужина. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://karelianpearl.ru>. Дата обращения: 27.01.2019
3. Мельников, В.Д. Водная микробиология. Учебно-методическое руководство для студентов биологического факультета / В.Д. Мельников, А.А. Жвачкина – Петрозаводск, 1975. – 100 с.
4. Основные требования к качеству питьевой воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eco.bobrodobro.ru/9284>. Дата обращения: 27.10.2018
5. Рябухина, Е.В. Биотестирование. Биологические методы определения токсичности водной среды: методические указания / Е.В. Рябухина, С.Л. Зарубин. – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 64 с.
6. 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
7. ФР.1.39.2001.00282. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. – М.: «АКВАРОС», 2001. – 51 с.
8. Химические и физические методы действия на бактерии. Дезинфекция. Стерилизация. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://studfiles.net/preview/4666822/page:3/>. Дата обращения: 27.10.2018

7. Приложение

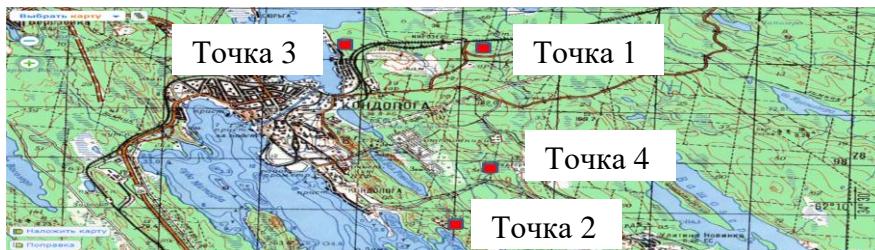


Рис. 1. Места забора воды для исследования в Кондопожском районе РК[20].

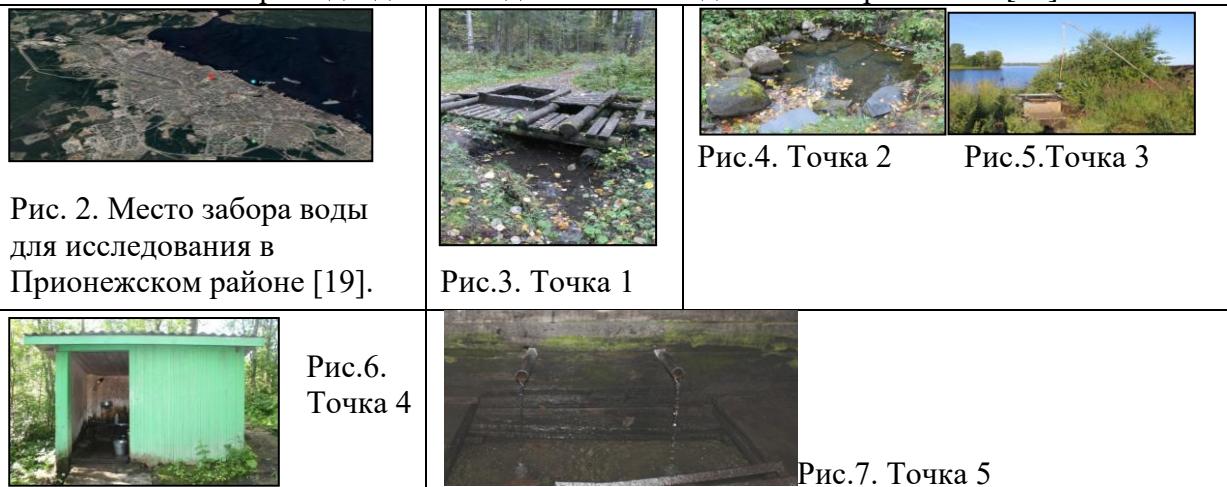


Рис. 2. Место забора воды для исследования в Прионежском районе [19].

Рис.3. Точка 1

Рис.4. Точка 2

Рис.5. Точка 3

Рис.6.
Точка 4

Рис.7. Точка 5

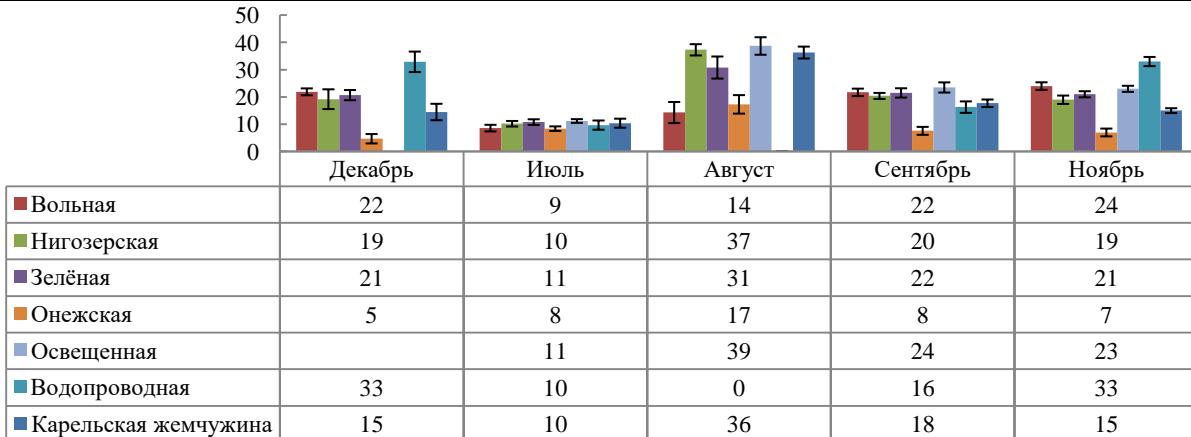


Рис.8. Анализ жизнедеятельности дафний в исследуемых источниках

Табл.1. Условия окружающей среды в дни отбор

Показатель \ Дата	05.08.2017	31.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018
t воды, °C	5-8							
t воздуха, °C	(+14)-(+17)	(+15)-(+17)	(-2)-(+2)	(-4)-(+1)	(+14)-(+16)	(+20)-(+24)	(+11)-(+12)	(+12)-(+15)
H, %	80-86	87-93	79-84	69-78	40-49	56-80	53-56	54-59
P, мм.рт.ст	747-751	752-759	745-751	747-753	753-757	757-760	758-765	761-762

Табл.2. Физико-химический анализ воды в точке 1.

Показатель \ Дата	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO₂⁻	0,004	0,009	0,017	менее 0,1 мкг/л	0,003	0,143	0,017	3мг/л
C	16,103	19,104	21,686	12,621	менее 10 мг/л	24,327	менее 10 мг/л	30мг/л
Мутность	2,970	3,397	3,081	менее 0,1 мг/л	0,727	менее 0,1 мг/л	7,252	3,5мг/л
pH	6,360	6,520	6,265	6,500	6,530	6,940	6,695	6...9
Цветность	42,322	57,207	62,268	1,191	4,278	30,100	9,320	30градусов

Ca	5,881	4,600	2,220	12,873	4,530	11,002	12,788	140мг/л
Na	3,292	3,450	2,900	5,337	3,300	1,126	2,104	200мг/л
Mg	6,135	5,900	6,340	6,726	7,820	8,910	9,531	85мг/л
K	0,200	0,770	0,870	1,758	0,705	0,428	1,356	12мг/л
NO ₃ ⁻	0,003	4,742	10,615	2,041	1,600	0,739	2,100	45 мг/л
Cl ⁻	3,752	2,668	4,344	0,510	3,600	9,653	2,600	350мг/л
NH ₄ ⁺	0,137	2,175	0,169	0,995	2,600	0,025	0,020	2мг/л
PO ₄ ³⁻	0,082	0,291	0,039	0,136	0,132	0,281	0,336	3,5мг/л
Жесткость	0,793	0,711	0,630	1,184	0,865	0,636	1,729	7(10) мг-экв/л

Табл.3. Физико-химический анализ воды в точке 2.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO ₂ ⁻	0,003	0,040	менее 0,1 мкг/л	0,021	0,0187	0,011	3мг/л
C	17,664	23,907	32,252	менее 10 мг/л	27,149	26,969	30мг/л
Мутность	0,506	4,250	менее 0,1 мг/л	2,702	4,487	4,503	3,5мг/л
pH	6,660	6,430	6,740	6,990	6,860	7,100	6...9
Цветность	27,983	63,657	менее 0,05 градусов	6,214	59,639	0,611	30градусов
Ca	48,614	7,500	22,561	14,310	15,997	24,170	140мг/л
Na	2,844	2,230	5,385	2,060	менее 5 мкг/л	34,740	200мг/л
Mg	5,928	6,500	6,119	7,360	7,047	10,065	85мг/л
K	0,268	0,790	2,694	0,997	0,490	1,617	12мг/л
NO ₃ ⁻	0,002	4,150	4,250	13,100	2,414	3,600	45 мг/л
Cl ⁻	4,329	3,076	0,397	4,000	8,266	2,100	350мг/л
NH ₄ ⁺	0,129	1,644	0,844	2,600	0,002	0,004	2мг/л
PO ₄ ³⁻	0,259	0,381	0,120	0,271	0,319	0,432	3,5мг/л
Жесткость	2,871	0,902	1,609	1,307	0,682	1,949	7(10) мг-экв/л

Табл.4. Физико-химический анализ воды в точке 3.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO ₂ ⁻	0,024	0,006	0,015	менее 0,1 мкг/л	0,007	0,032	0,010	3мг/л
C	15,442	18,144	25,528	16,583	менее 10 мг/л	43,778	15,622	30мг/л
Мутность	2,449	1,090	3,349	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	0,869	3,5мг/л
pH	6,630	6,680	6,620	6,700	6,910	6,980	7,035	6...9
Цветность	22,030	9,923	30,663	менее 0,05 градусов	14,108	52,509	2,954	30градусов
Ca	81,246	20,400	9,700	30,363	26,680	41,851	34,850	140мг/л
Na	5,449	9,710	5,500	8,327	7,490	7,235	14,420	200мг/л
Mg	6,323	6,900	6,520	5,553	7,050	8,970	5,491	85мг/л
K	0,418	1,490	1,180	2,381	1,474	1,502	2,754	12мг/л
NO ₃ ⁻	0,014	21,497	41,238	25,969	13,100	125,500	27,5	45 мг/л
Cl ⁻	5,137	4,322	4,660	0,772	5,000	12,880	3,500	350мг/л
NH ₄ ⁺	0,143	1,428	0,155	1,173	2,600	0,003	0,040	2мг/л
PO ₄ ³⁻	0,193	0,216	0,099	0,143	0,077	0,372	0,408	3,5мг/л
Жесткость	4,503	1,567	1,012	1,945	1,888	1,395	2,516	7(10) мг-экв/л

Табл.5. Физико-химический анализ воды в точке 4.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO ₂ ⁻	0,003	0,024	0,001	менее 0,1 мкг/л	0,006	0,007	0,016	3мг/л
C	27,509	19,104	33,933	15,863	менее 10 мг/л	20,305	менее 10 мг/л	30мг/л
Мутность	2,433	4,108	4,361	менее 0,1 мг/л	4,771	менее 0,1 мг/л	2,781	3,5мг/л
pH	6,590	6,760	6,555	6,590	6,710	6,840	7,095	6...9
Цветность	17,118	56,265	49,120	менее 0,05 градусов	50,421	39,216	23,224	30градусов
Ca	70,195	10,000	5,720	33,874	13,450	19,728	32,742	140мг/л
Na	5,605	10,490	6,320	10,519	8,670	8,089	15,766	200мг/л
Mg	21,212	16,700	18,050	18,123	18,350	22,837	30,184	85мг/л
K	0,657	1,900	1,730	2,729	2,219	2,169	3,684	12мг/л
NO ₃ ⁻	0,002	40,090	87,251	25,969	34,300	192,000	43,900	45 мг/л
Cl ⁻	8,063	6,149	7,065	0,772	7,200	18,130	6,200	350мг/л
NH ₄ ⁺	0,143	1,077	0,169	0,995	0,300	0,001	0,015	2мг/л
PO ₄ ³⁻	0,338	0,455	0,084	0,101	0,152	0,188	0,656	3,5мг/л
Жесткость	5,185	1,864	1,765	3,151	2,168	1,423	4,243	7(10) мг-экв/л

Табл.6. Физико-химический анализ воды в точке 5.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
--------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----

NO_2^-	0,001	0,023	0,027	0,007	0,001	0,016	0,007	3мг/л
C	13,231	15,863	17,243	15,442	10,000	22,106	15,803	30мг/л
Мутность	2,102	4,440	0,032	0,100	0,100	2,939	6,493	3,5мг/л
pH	6,612	6,800	6,555	6,650	6,660	6,800	6,655	6...9
Цветность	5,032	49,418	40,090	4,664	3,820	52,916	27,451	30градусов
Ca	18,321	1,600	9,270	33,744	18,590	36,255	34,569	140мг/л
Na	23,143	54,100	31,350	25,613	33,920	19,877	30,876	200мг/л
Mg	7,512	9,100	9,380	9,446	10,620	10,958	8,319	85мг/л
K	2,685	3,740	4,860	5,674	5,080	5,944	7,628	12мг/л
NO_3^-	21,035	36,437	108,181	24,117	49,800	249,500	42,300	45 мг/л
Cl^-	12,762	14,503	13,525	1,257	11,800	30,700	13,300	350мг/л
NH_4^+	1,987	0,221	0,169	0,844	8,300	0,001	0,005	2мг/л
PO_4^{3-}	0,510	0,420	0,129	0,054	0,285	0,464	0,460	3,5мг/л
Жесткость	1,048	0,827	1,226	2,431	1,785	1,339	2,611	7(10) мг-экв/л

Табл.7. Физико-химический анализ воды в точке 6.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO_2^-	0,003	0,029	0,003	менее 0,1 мкг/л	0,029	0,026	0,013	3мг/л
C	18,264	17,904	36,094	15,743	менее 10 мг/л	19,945	23,667	30мг/л
Мутность	2,165	4,187	6,841	1,217	2,165	1,580	6,067	3,5мг/л
pH	6,430	7,120	6,965	6,490	6,270	6,170	6,550	6...9
Цветность	62,913	93,625	89,259	32,846	47,671	105,476	36,160	30градусов
Ca	4,932	1,900	2,170	3,771	2,630	3,183	3,654	140мг/л
Na	5,605	2,040	1,890	1,716	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	1,311	200мг/л
Mg	0,813	0,990	1,000	1,266	1,080	1,015	3,162	85мг/л
K	0,112	0,460	0,540	0,742	0,268	менее 5 мкг/л	0,800	12мг/л
Fe	0,318	0,370	0,330	0,367	0,326	0,344	0,327	0,3 мг/л
NO_3^-	0,002	7,546	15,817	6,768	1,800	7,340	1,500	45 мг/л
Cl^-	7,259	6,817	8,223	0,772	7,200	16,680	4,100	350мг/л
NH_4^+	0,116	0,934	0,155	0,777	0,300	0,003	менее 0,1 мкг/л	2мг/л
PO_4^{3-}	0,070	0,271	0,137	0,108	0,218	0,296	0,483	3,5мг/л
Жесткость	0,309	0,175	0,189	0,289	0,218	0,120	0,762	7(10) мг-экв/л

Табл.8. Физико-химический анализ воды в точке 7.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO_2^-	0,003	0,008	0,029	менее 0,1 мкг/л	0,011	0,037	0,012	3мг/л
C	20,545	27,509	60,048	15,803	менее 10 мг/л	24,748	11,960	30мг/л
Мутность	2,528	1,438	0,585	менее 0,1 мг/л	0,253	3,318	2,101	3,5мг/л
pH	7,920	7,850	7,990	8,110	8,220	8,120	8,370	6...9
Цветность	39,594	36,517	18,209	6,450	5,246	72,168	5,959	30градусов
Ca	17,503	12,900	5,480	36,149	11,650	28,090	23,468	140мг/л
Na	30,291	48,890	5,540	25,994	32,250	17,686	24,805	200мг/л
Mg	33,793	47,500	24,880	27,440	28,720	25,692	20,193	85мг/л
K	1,058	3,180	4,140	43,156	4,230	4,744	6,248	12мг/л
NO_3^-	0,063	20,233	16,325	5,534	1,900	6,103	3,600	45 мг/л
Cl^-	6,407	4,774	5,650	0,906	5,200	16,150	3,200	350мг/л
NH_4^+	0,165	2,500	0,169	1,173	0,800	0,003	6,500	2мг/л
PO_4^{3-}	0,275	0,414	0,124	0,156	0,021	0,278	0,465	3,5мг/л
Жесткость	3,637	4,539	2,315	4,029	2,933	1,745	3,545	7(10) мг-экв/л

Табл.9. Влияние погодных условий (осадки) на химический состав воды

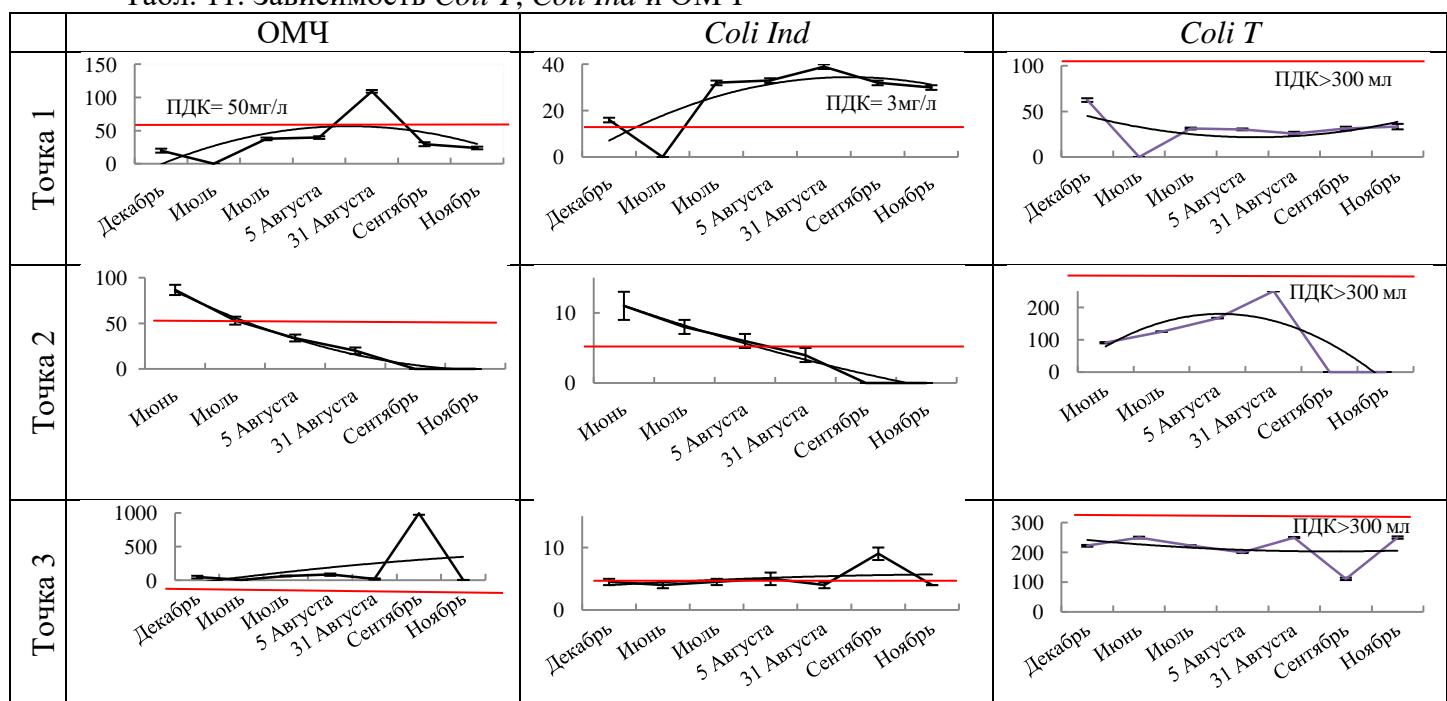
Источник Показатель	Карельская Жемчужина	Нигозерская	Освященная	Зеленая	Онежская	Водопроводная	Вольная	ПДК
NO_2^-	менее 0,1 мкг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мкг/л	менее 0,1 мкг/л	менее 0,1 мкг/л	0,001	менее 0,1 мкг/л	3мг/л
C	14,302	15,142	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	14,182	менее 10 мг/л	30мг/л
Мутность	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	3,5мг/л
pH	8,150	6,460	6,700	6,700	6,620	6,180	6,580	6...9
Цветность	2,878	22,476	17,068	17,068	39,742	57,108	8,087	30градусов
Ca	6,931	3,272	8,844	8,844	7,508	1,958	11,087	140мг/л
Na	30,620	3,555	2,757	2,757	17,920	2,135	3,014	200мг/л
Mg	23,562	3,154	3,550	3,550	13,350	0,950	4,655	85мг/л
K	5,563	1,769	1,582	1,582	1,189	1,189	4,733	12мг/л
NO_3^-	0,182	0,153	0,247	0,247	2,395	0,301	2,834	45 мг/л
Cl^-	5,728	2,404	2,404	2,404	7,110	6,043	10,507	350мг/л

NH_4^+	2,205	2,020	2,078	2,078	1,536	1,903	2,205	2 мг/л
PO_4^{3-}	0,152	менее 0,1 мкг/л	0,139	0,139	менее 0,1 мкг/л	0,009	0,116	3,5 мг/л
Жесткость	2,277	0,420	0,726	0,726	1,466	0,174	0,926	7(10) мг-экв/л

Табл. 10. Влияние кипячения на физико-химические показатели источников

Источник показателя	Точка 7		Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 6		Точка 5		ПДК
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	
NO_2^-	0,01	менее 0,1 мкг/л	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,004	0,01	0,01	0,04	0,03	3 мг/л
С	11,96	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	26,97	11,90	15,62	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	17,90	23,67	32,13	24,51	25,59	30 мг/л
Мутность	2,10	0,47	7,25	0,21	4,50	4,55	0,87	1,23	2,78	2,43	6,07	2,69	2,58	0,79	3,5 мг/л
pH	8,37	9,27	6,70	8,42	7,10	8,69	7,04	8,94	7,10	8,54	5,55	5,63	6,83	7,76	6...9
Цветность	5,96	12,43	9,32	8,05	0,61	12,94	2,95	3,82	23,22	17,52	36,16	62,29	26,89	32,39	30°
Ca	23,47	23,61	12,79	16,58	24,17	22,34	34,85	34,85	32,74	40,61	3,65	14,19	36,70	39,60	140 мг/л
Na	24,81	28,39	2,10	3,93	34,74	4,93	14,42	11,21	15,77	23,01	1,31	2,10	155,40	167,80	200 мг/л
K	6,25	6,51	1,36	1,46	1,62	1,65	2,75	2,84	3,68	3,71	0,80	0,77	6,00	4,70	12 мг/л
Fe	0,02	0,04	0,02	0,01	0,03	0,04	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	0,33	0,35	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	0,3 мг/л
NO_3^-	3,60	13,10	2,10	3,40	3,60	7,60	27,50	44,80	43,90	48,20	1,50	1,30	34,98	55,65	45 мг/л
Cl ⁻	3,20	3,80	2,60	2,80	2,10	2,70	3,50	4,30	6,20	6,40	4,10	4,20	20,10	25,27	350 мг/л
NH_4^+	6,50	0,004	0,02	0,005	0,004	0,001	0,04	0,03	0,02	0,001	менее 0,1 мкг/л	менее 0,1 мкг/л	0,11	0,18	2 мг/л
PO_4^{3-}	0,47	0,21	0,34	0,38	0,43	0,55	0,41	0,24	0,66	0,60	0,48	0,39	0,16	0,19	3,5 мг/л

Табл. 11. Зависимость *Coli T*, *Coli Ind* и ОМЧ



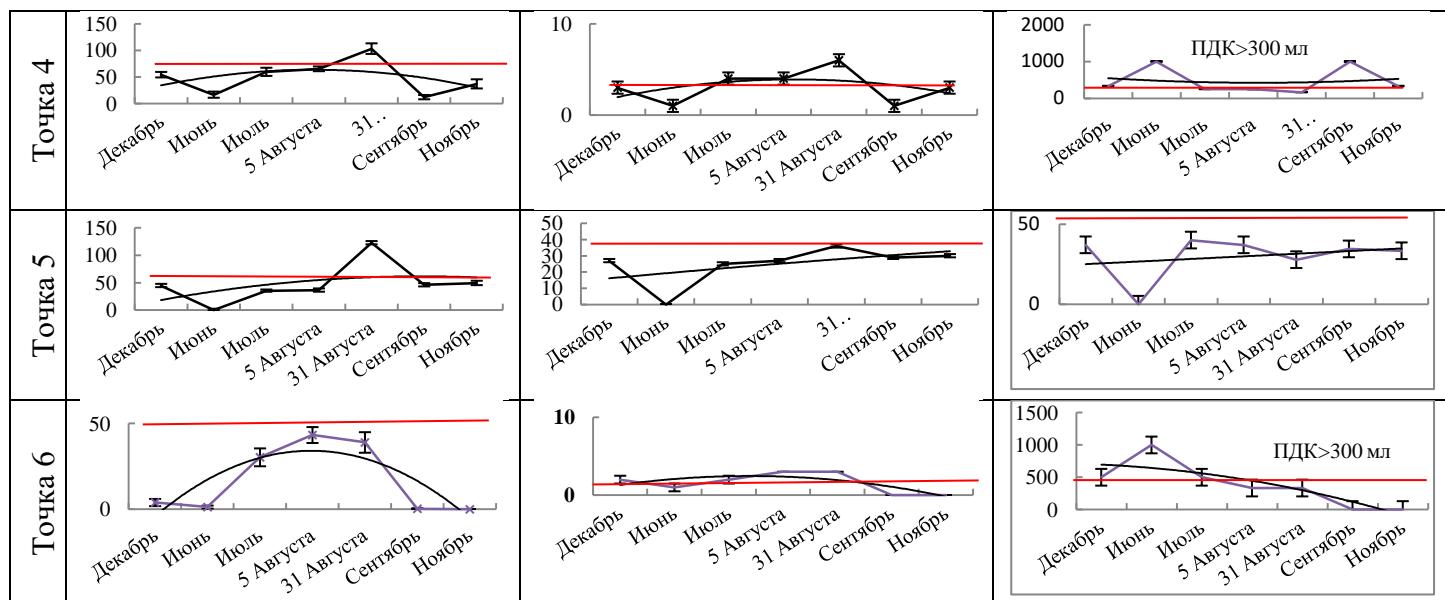


Табл.11. Индикаторные химические показатели, выявленные за период наблюдения

