

Муниципальное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа № 8  
г. Кондопоги Республики Карелия

**Комплексная оценка воды,  
используемой жителями г.Кондопоги 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.

## Оглавление

<b>1. Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Обзор источников информации .....</b>	<b>4</b>
2.1. Химические показатели и их значение .....	4
2.2. Биотестирование – тест-объект <i>Ceriodaphnia affinis</i> .....	6
2.3. Микробиологический анализ .....	7
<b>3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.....</b>	<b>8</b>
3.1. Географическая характеристика источников .....	8
3.2. Методы химического анализа .....	9
3.3. Методика бактериологического анализа.....	11
3.4. Методика биотестирования .....	11
<b>4. Результаты .....</b>	<b>12</b>
4.1. Погодные условия.....	12
4.2. Химический анализ воды источников .....	12
4.3. Сезонная динамика химических показателей. ....	13
4.4. Влияние кипячения на химические показатели исследуемых источников.....	20
4.5. Влияние погодных условий на химический состав воды.....	21
4.6. Бактериологический анализ источников.....	21
4.7. Изменение численности бактерий в исследуемых пробах воды в зависимости от сезона отбора проб .....	22
4.8. Анализ активности дафний.....	22
4.9. Анализ ассимиляционных и диссимиляционных процессов, связанных с жизнедеятельностью <i>Ceriodaphnia affinis</i> .....	24
4.10. Обсуждение химических показателей, отражающих индикационную роль <i>Ceriodaphnia affinis</i> в различных источниках. ....	24
<b>5. Выводы .....</b>	<b>26</b>
<b>6. Заключение .....</b>	<b>27</b>
<b>7. Источники информации.....</b>	<b>28</b>
<b>8. Приложение.....</b>	<b>31</b>

## 1. Введение

Каждому человеку необходимо потреблять воду. По данным опроса выяснилось, что многие жители г. Кондопоги используют в качестве питьевой воды родниковую и бутилированную воду, так как она выглядит более прозрачной и не имеет запаха. Водопроводная вода, напротив, имеет желтоватый оттенок, обладает хлорным запахом. Однако, судить о качестве питьевой воды, основываясь только на данных фактах, то есть только на органолептических показателях, - нельзя. Питьевая вода должна соответствовать всем санитарным нормам. Ведь если в воде содержится недопустимая концентрация различных химических веществ и микроорганизмов, это может отрицательно повлиять на наше здоровье. Поэтому я решила исследовать, насколько качество грунтовой и водопроводной воды из близких по географическому положению, излюбленных людьми мест благоприятное. В прошлом году я исследовала озера в г. Кондопога с помощью тест-объекта *Ceriodaphnia affinis*, который используется для определения экологического состояния водоемов для рыбохозяйственных нужд. Поэтому в данной работе мне стало интересно проверить, как различный физико-химический состав воды может повлиять на жизнедеятельность данного тест-объекта. И существуют ли разные модели поведения дафний в разной по физико-химическому составу воде? Если да, то вполне возможно, что с помощью биотестирования дафниями можно было бы определять качество питьевой воды и наличие в них различных веществ в недопустимых концентрациях.

**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), бактерию группы кишечной палочки (БГКП), *Coli T* и *Coli Ind* в исследуемых водах
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 родников на ул. Зеленая, ст. Нигозеро, «Святой родник», «Онего-2» в г. Кондопога, на ул. Вольная в г. Петрозаводск, бутилированная вода «Карельская Жемчужина» (Приложение 1,2), 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. Обзор источников информации

Вода – уникальный и незаменимый ресурс для существования человека. Однако с точки зрения многих разделов медицинской науки вода, предназначенная для потребления человеком, представляет собой совокупность объектов, к каждому из которых предъявляются свои требования в зависимости от сферы ее использования.

Как пищевой продукт повседневного потребления она должна характеризоваться комплексностью и физиологической полноценностью важных для здоровья компонентов, обладать оптимальными органолептическими характеристиками, а содержание в ней вредных примесей – биологических, химических, физических – не должно превышать установленных государственных нормативов [30].

### 2.1. Химические показатели и их значение

**Азотосодержащие вещества** (нитраты  $\text{NO}_3^-$ , нитриты  $\text{NO}_2^-$  и аммонийные соли  $\text{NH}_4^+$ ) присутствуют во всех водах и свидетельствуют о наличии в воде органического вещества животного происхождения. Являются продуктами распада органических примесей, образуются в воде преимущественно в результате разложения мочевины и белков, поступающих в неё с бытовыми сточными водами. Наличие иона аммония в концентрациях, превышающих фоновые значения, указывает на свежее загрязнение или близость промышленного источника загрязнения (коммунальные очистные сооружения, отстойники промышленных отходов, животноводческие фермы, скопления навоза, азотных удобрений, поселения и др.) [49].

Нитриты более токсичны, чем нитраты, но в обычных условиях нитриты очень нестойкие вещества: окисляясь, они быстро переходят в нитраты. Воздействие данных соединений на организм проявляется в изменении работы сердечно-сосудистой и выделительной систем, а также органов желудочно-кишечного тракта. В организме нитраты под воздействием кишечной микрофлоры восстанавливаются до нитритов. Нитриты в свою очередь, соединяясь с гемоглобином, образуют стойкое соединение метгемоглобин [33]. Если показатель метгемоглобина составляет 15 %, это проявляется быстрой утомляемостью, вялостью и головокружением. Увеличение метгемоглобина до 60 % приводит к летальному исходу [27].

**Окисляемость воды** (т. е. количество углерода в мг/л, эквивалентное расходу окислителя, необходимого для окисления примесей в данном объеме) обуславливается присутствием трудно- и легкоокисляющихся органических и некоторых неорганических примесей. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и бихроматную окисляемость. Перманганатная окисляемость характеризует достаточно легкоокисляемую часть органических веществ. Бихроматная окисляемость служит для определения суммарного содержания органических веществ. В среднем 1 мг кислорода перманганатной окисляемости соответствует примерно 1 мг углерода органического вещества. А перманганатная окисляемость, в свою очередь, является лишь частью от бихроматной окисляемости, которая обуславливает намного более полное окисление органического вещества, захватывая и окисление трудноокисляемой органики [44].

**Мутность** – показатель качества воды, обусловленный присутствием в воде нерастворенных и коллоидных веществ неорганического и органического происхождения [33]. Причиной повышенной мутности артезианских вод обычно являются глинистые или известковые взвеси, а также образующиеся при контакте с воздухом нерастворимые окислы железа и других металлов. Качество воды из колодцев наименее стабильно, поскольку грунтовые воды подвержены влиянию внешних факторов. Высокая мутность из колодцев может быть связана с поступлением в грунтовые воды труднорастворимых природных органических веществ из грунтов с техногенным загрязнением [32].

**Водородный показатель (рН)** – характеризует концентрацию свободных ионов водорода в воде и выражает степень кислотности ( $\text{pH} < 7$ ) или щелочности ( $\text{pH} > 7$ ) воды

(соотношение в воде ионов  $H^+$  и  $OH^-$  образующихся при диссоциации воды) и количественно определяется концентрацией ионов водорода  $pH = -\log [H^+]$ . При уравнивании ионов вода нейтральна и  $pH=7$ [4,31].

**Цветность** – природное свойство воды, обусловленное наличием в ней гуминовых веществ, которые вымываются в воду из почвы. Гумус коричневого цвета, и поэтому гуминовые вещества придают воде окраску от желтой до коричневой. На количество этих веществ влияют геологические условия, водоносные горизонты, характер почвы, наличие болот и торфяников в бассейнах рек и т. д. Небольшое количество гуминовых веществ образуется непосредственно в поверхностных водоемах вследствие микробиологического разрушения водных растений (водорослей). Чем больше в воде гуминовых веществ, тем выше окрашивание воды и интенсивнее ее цветность [48].

**Кальций (Ca)** – один из самых важных для организма человека элементов. Большая его часть содержится в скелете и зубах в виде фосфатов. В организме ионы кальция участвуют в процессах свёртываемости крови, мышечных и нейронных реакциях, а также обеспечивают осмотическое давление крови [8].

**Магний (Mg)** — незаменимый элемент в человеческом организме, который влияет на здоровье и прочность костей, зубов, волос и ногтей. Остальная его часть находится в железах внутренней секреции, мягких тканях, клетках мозга и сердца. Также этот элемент играет очень важную роль в работе сердечно-сосудистой системы. У всех людей, страдающих от сердечных болезней, обнаруживается недостаток магния. Его нехватка часто является причиной смерти от инфарктов [6].

**Калий (K)** – очень важен для нормального функционирования сердца. Дефицит элемента вызывает регулярное снижение и ослабление сердечных сокращений. Однако содержание калия на уровне 6 ммоль/л считается токсичным. Передозировка до 9-12 ммоль/л в 3 раза превышает норму, и вообще является смертельной для человека. При передозировке калия человек испытывает общую мышечную слабость, усиливается риск развития диабета, тревоги и раздражительность, кишечные колики [37].

**Натрий (Na)** – поступает в организм человека в составе поваренной соли при употреблении пищи и жидкости. Он выполняет важнейшие функции поддержания водно-солевого баланса организма, влияющего на осмотическое давление; воздействует на процесс снабжения тканей кислородом и транспортировку глюкозы и аминокислот через клеточные мембраны; способствует усвоению питательных веществ и нормальной работе нервных окончаний. Тем не менее, переизбыток натрия в организме вызывает задержку жидкости, как следствие – отеки и нарушение водно-солевого баланса и рост артериального, внутричерепного и внутриглазного давления [26].

**Марганец (Mn)** – весьма распространенный элемент. Повышение концентрации марганца в воде связано с вымыванием его из минералов, от разложившихся водных животных и растительных организмов (особенно сине-зеленых), сельскохозяйственных удобрений. Марганец нормализует работу сердца и развитие костной системы, а недостаточное количество вызывает развитие диабета. Если содержание марганца превышено в восемь раз – нарушаются функции мозга [22].

**Железо (Fe)** – естественный минерал, который всегда имеется в любой воде в определенном количестве. Причинами являются: разрушение и выветривание каменных пород; сточные воды, поступающие от свалок, заводов и фабрик, на которых происходит старение и коррозия чугунных и стальных водопроводов. Железо организму человека просто необходимо, т.к. оно принимает участие в механизме кровообращения, улучшает работу эндокринной системы, влияет на процесс роста детей и иммунитет. Однако избыток микроэлемента откладывается в организме и становится причиной таких болезней, как инфаркт и инсульт, кишечные расстройства, заболевания печени и почек, развитие дерматита и аллергических заболеваний [9].

**Хлориды (Cl<sup>-</sup>)** – обладают высокой растворимостью и поэтому присутствуют во всех природных водах в основном в виде кальциевых, натриевых и магниевых солей. Их попаданию в воду способствует вымывание поваренной соли и прочих хлористых соединений из пластов пород вулканического происхождения. Однако немало хлоридов поступает в воду с промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками. Перенасыщенная хлоридами вода способна вызвать поражение слизистых оболочек, глаз, кожи и дыхательных путей. После употребления такой воды нарушается водно-солевой баланс и работа пищеварительного тракта, появляются отёки и склонность к заболеваниям мочеполовой системы. Избыток солей приводит к изменениям в кровеносных сосудах, перегружает работу сердца и почек, повышает артериальное давление и может заметно усугубить течение сердечно-сосудистых заболеваний [7].

**Фосфаты (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)** – это неорганические химические соединения, которые образуются при диссоциации некоторых растворимых солей фосфорной кислоты и различных металлов. Природные соединения органического фосфора поступают в воды в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, обмена с донными отложениями. Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Минимальные концентрации фосфатов в поверхностных водах наблюдается обычно весной и летом, максимальные – осенью и зимой. Фосфаты накапливаются в крови и залегают в сосудах и мягких тканях. У здоровых людей они выводятся через почки. Но чем больше фосфатов человек употребляет, тем быстрее почка перенапрягается и теряет способность выводить фосфаты. Несколько исследований уже показали, что люди с заболеванием почек подвергаются повышенному риску смерти. Фосфаты могут накапливаться на внутренних стенках сосудов, что приводит к повышенному риску инсульта и сердечно-сосудистым заболеваниям [46].

**Жёсткость** – это характеристика воды, в которой присутствуют соли магния и кальция. Это свойство воды отрицательно влияет на организм. При употреблении жёсткой воды годами во внутренних органах откладываются песок и соли, образуются камни, нарушается работа желудка и кишечника, происходит разрушение стенок сосудов. Со временем ухудшается внешний вид, это проявляется в сухости кожи и волос [5].

Однако в мягкой воде содержится очень мало солей и минералов. В результате длительного употребления такой воды может возникнуть ломкость костей, кариес, понижается иммунитет. Употреблять мягкую воду можно при компенсации нехватки минералов [36]. Существуют сведения о зависимости сердечно-сосудистых и раковых заболеваний и пониженной концентрации солей жесткости [10].

Физико-химические методы могут показать только наличие каких-либо химических элементов в пробе, но не отражают их влияние на живые объекты, поэтому для более точного определения качества природной воды необходимо проводить биологическое тестирование [1].

## **2.2. Биотестирование – тест-объект *Ceriodaphnia affinis***

Для определения токсичности водоёма используются методы биологического анализа. С помощью данных методов определяют степень загрязнения водных объектов органическими гнилостными веществами, которые влияют на жизнедеятельность живых организмов. По жизнедеятельности водных организмов можно сделать вывод о состоянии экологической системы [2].

В последнее время интенсивно развиваются методы биотестирования с применением элементов экосистем, а также использованием животных и растений в качестве индикаторов в ранних стадиях загрязнения водных источников [2].

С начала XX века в лабораторном биотестировании используются планктонные ракообразные из надотряда ветвистоусых – дафнии (лат. *Daphnia*) [16]. Дафнии являются удобным объектом биотестирования, так как широко распространены в природе, имеют непродолжительный цикл развития, легко культивируются. Дафнии, как и другие планктонные организмы, производят грандиозную работу по очистке воды от взвешенных в ней частиц. Ветвистоусые рачки обладают высокой чувствительностью к токсикантам различной природы. Оценка токсичности проводится по разнообразным тест - функциям: выживаемости, плодовитости, двигательной активности, поведенческим реакциям, по качеству потомства [12].

**Размножение.** Дафнии могут размножаться половым и бесполом путем. При благоприятных условиях дафнии размножаются партеногенетическим способом. У самок имеется выводковая камера между спинной поверхностью тела и спинным краем раковины, в которую откладываются и развиваются неоплодотворенные яйца. При похолодании, в конце лета и осенью, из яиц начинают появляться самцы, а самки формируют яйца, которые развиваются лишь после оплодотворения самцом [29].

**Питание.** Дафния питается в природных водоемах бактериями, одноклеточными водорослями, детритом, растворенными органическими веществами [45].

**Внешнее строение.** Дафния имеет почковидную форму, один сложный глаз, две антенны и листовидные конечности внутри карапакса, которые создают ток воды, приносящий корм и кислород ко рту и жабрам. У *Ceriodaphnia* голова отделена выемкой, хвостовая игла на задней створки раковины и рострум отсутствуют [23].

**Отношение к факторам среды:** оптимальный температурный режим для Цериодафний от +19 до +24°C. Для нормальной жизнедеятельности рачков существует диапазон жесткости воды в пределах 1,3-2 мг-экв./л. Цериодафнии требовательны к растворенному кислороду в воде, его содержание должно быть не менее 6 мг/л. Нейтральная и слабощелочная среда является благоприятной для жизнедеятельности ветвистоусых рачков (pH = 7,0-8,2) [25].

### 2.3. Микробиологический анализ

Микробиологическое загрязнение подземных вод провоцирует увеличение степени органического загрязнения на фоне повторного усиленного размножения микроорганизмов, обитающих в самых верхних водоносных горизонтах, связанных с почвами и атмосферой. К этим микроорганизмам относятся бактерии, простейшие, водоросли, грибы, вирусы и актиномицеты. В связи с оценкой роли и условий развития микроорганизмов в подземных водах выделяют: микроорганизмы аутохтонные, аллохтонные патогенные (болезнетворные).

Значение аутохтонных микроорганизмов в формировании качества подземных вод различно и зависит от вида микроорганизмов, их количества и условий существования. Положительная деятельность аутохтонных микроорганизмов проявляется в том, что они способствуют биохимической деградаци и обезвреживанию проникающих в водоносные горизонты разнообразных органических и бактериальных загрязнений.

Наиболее опасные последствия вызывает биологическое загрязнение подземных вод аллохтонными микроорганизмами, вызываемое болезнетворными бактериями, кишечными вирусами, яйцами гельминтов, появление которых связано с жизнедеятельностью человека и животных. Патогенные микроорганизмы поступают в подземные воды при фильтрации фекальных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Интенсивность фекального загрязнения можно определить с помощью санитарно-показательных микроорганизмов, в частности кишечной палочки *Escherichia coli*-представителя нормальной микрофлоры кишечника человека [28].

### 3. МАТЕРИАЛ и методика

По результатам электронного опроса выяснилось, что жители г.Кондопога используют в качестве питьевого источника водопроводную, родниковую и бутилированную воду.

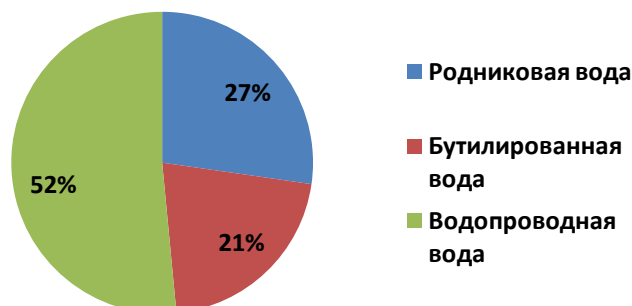


Рис. 1. Объекты, используемые в качестве питьевого источника

СМИ периодически информируют об использовании местным населением 7 родников [3, 17, 21] (Приложение 3). По результатам электронного опроса выяснилось о существовании на территории нашего района ещё 5 родников. Из 12 родников наибольшим спросом пользуется нигозерская, освещенная, зеленая, онежская и вольная воды.

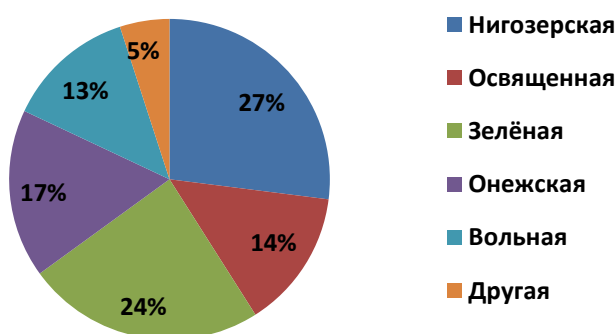


Рис.2.Родниковая вода, используемая жителями г.Кондопоги для питья  
Самая часто покупаемая бутилированная вода- «Карельская Жемчужина»

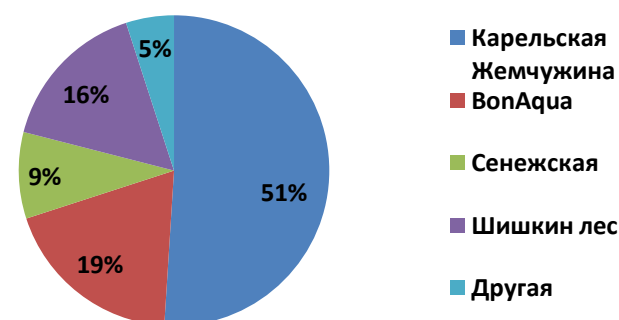


Рис.3. Бутилированная вода, используемая жителями г.Кондопоги для питья  
Данная вода была выбрана для отбора в качестве объектов исследования.

Заборы воды проведены в семи точках для биотестирования, физико-химического и бактериологического анализов 5.08.2017, 31.08.2017, 3.11.2017, 28.12.2017, 14.06.2018, 25.07.2018, 31.08.2018, 11.09.2018.

#### 3.1. Географическая характеристика источников

**Точка 1. Нигозерский родник.** Родник расположен в смешанном лесу к востоку от озера Нигозеро в 2,5 км от ул. Зелёная, не доезжая 500 метров до железнодорожной станции Нигозеро. К роднику ведёт 100-метровая грунтовая тропа, спускающаяся от

автомобильной дороги, идущей к электрической подстанции. Родник площадью 4 м<sup>2</sup>, глубиной 80 см имеет природное происхождение, питается грунтовыми водами. Родник окружён травами, кустарниками, лиственными и хвойными породами деревьев. Родник даёт начало ручью, который вытекает по направлению склона к озеру Нигозеро. Природный источник часто посещается местным населением, имеет хорошие подъездные пути, оборудован бетонной трубой и деревянными мостками для удобства поднятия воды (Приложение 4).

**Точка 2. «Освещенный родник».** Родник расположен к югу от деревни Подгорная в 500 м по склону, от деревни Новинка в сторону ул. Кондопожская в 2,5 км. Подгорная - действующая деревня, в которой круглый год живут люди, занимающиеся сельским хозяйством, разводят домашних животных и используют бывшие сельскохозяйственные поля как пастбища. К роднику ведёт 250-метровая лесная тропа от грунтовой дороги. Его площадь 4 м<sup>2</sup>, глубина 50 см, имеет природное происхождение, питается грунтовыми водами. От родника вытекает ручей по направлению склона к Кондопожской губе Онежского озера. За последние 5 лет произошло разрушение деревянных ограждений, поэтому в настоящее время родник не оборудован. На дне родника лежат горные породы, покрытые налётом из водорослей (Приложение 5).

**Точка 3. Вольный родник.** Родник расположен на северо-западной окраине города на левом берегу р. Неглинки на ул. Вольная в г. Петрозаводск. Находится практически в центре города, окружён кустарниковой и травянистой растительностью. К роднику оборудована грунтовая подъездная дорога. Источник находится в рельефном углублении, окружённом автомобильными дорогами, жилыми домами и культурными объектами. Родник пополняется поверхностными и грунтовыми водами, несущими осадки, растаявший снег, а вместе с ними и хозяйственно-бытовые отходы. Источник часто посещается местными населением.

**Точка 4. Зеленый родник.** Родник расположен на окраине города на ул. Зеленая, в двух метрах от берега озера Нигозеро и пяти метрах от автомобильной дороги (Приложение 6). Родник каптирован деревянным коробом, закрытый крышкой. Для поднятия воды используется подъёмник - журавль. Со всех сторон родник окружен травянистой и кустарниковой растительностью. Родник часто посещается жителями ул. Зелёная и горожанами.

**Точка 5. Онежский родник.** Родник расположен в дачном кооперативе «Онего-2», в 2,5 км от ул. Кондопожская. К роднику ведёт 50-метровая лесная тропа от проезжей части кооператива. Источник окружён растительностью смешанного леса. Поблизости располагаются заболоченные участки леса. Природный источник оборудован бетонными кольцами и деревянной будкой (Приложение 7). Родник часто посещается дачниками кооператива «Онего-2» и жителями города, специально приезжающими за родниковой водой.

**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 метров [18].

### 3.2. Методы химического анализа

**Мутность.** В кварцевую кювету вносят тщательно перемешанную испытуемую пробу и снимают показания со спектрофотометра (Спектрофотометр СФ-2000, ОКБ-Спектр, Россия) при  $\lambda = 520$  нм по отношению к дистиллированной воде (холостая проба). Предварительно строят градуировочный график зависимости величины мутности стандартных суспензий по формазину от оптической плотности, который используется

для расчета. Мутность выражают в единицах мутности по формазину на литр (ЕМФ/л) (Приложение 8) [35].

**Бихроматная окисляемость.** К 5 мл пробы добавляют 2 мл хромовой смеси (0,4 н  $K_2Cr_2O_7$  и  $H_2SO_4$  в соотношении 1:1). Затем в течение 20 минут полученный раствор реагирует в сушильном шкафу при  $t=140$  °С. После этого в каждый раствор добавляют 2 мл дистиллированной воды и после остывания прописывают на спектрофотометре (Спектрофотометр СФ-2000, ОКБ-Спектр, Россия) при  $\lambda = 590$  нм. Предварительно строят градуировочный график зависимости содержания органического углерода (по сахарозе) от оптической плотности, который используется для расчета. Бихроматную окисляемость выражают в мг окисленного углерода на литр (мг/л) (Приложение 9) [15].

**Нитриты.** В соотношении 1:1 смешивают раствор пробы с реакционной смесью (1% сульфаниламид в 1,5N HCl и 0,02 % N-(1-нафтил)- этилендиамингидрохлорид в равных соотношениях). В течение 15 минут полученная смесь реагирует при комнатной температуре. Затем пробы фотометрируют на спектрофотометре (Спектрофотометр СФ-2000, ОКБ-Спектр, Россия) при  $\lambda = 540$  нм по отношению к дистиллированной воде (холостая проба) в кварцевых кюветах. Предварительно строят градуировочный график зависимости содержания нитритов от оптической плотности, который используется для расчета. Содержание нитритов выражают в мг на литр (мг/л) [40].

**Цветность.** В кварцевую кювету вносят тщательно перемешанную отфильтрованную через фильтр «синяя лента» испытуемую пробу и снимают показания со спектрофотометра (Спектрофотометр СФ-2000, ОКБ-Спектр, Россия) при  $\lambda = 380$  нм по отношению к дистиллированной воде (холостая проба). Предварительно строят градуировочный график зависимости величины цветности стандартных растворов по хром-кобальтовой шкале от оптической плотности, который используется для расчета. Цветность выражают в градусах [13].

**Фосфаты.** Пробу воды объемом 1 мл смешивают с 200 мкл молибденового реактива и 20 мкл раствора хлористого олова, объем доводят до 5 мл. В течение 15 минут полученная смесь реагирует при комнатной температуре. Затем пробы фотометрируют на спектрофотометре (Спектрофотометр СФ-2000, ОКБ-Спектр, Россия) при  $\lambda = 690$  нм по отношению к дистиллированной воде (холостая проба) в кварцевых кюветах. Предварительно строят градуировочный график зависимости содержания фосфатов от оптической плотности, который используется для расчета. Содержание фосфатов выражают в мг на литр (мг/л) [11].

**Аммонийный азот.** Концентрацию аммонийного азота измеряют с использованием ионоселективного аммонийного электрода потенциометрическим методом с помощью потенциометра Анион 4100 (Россия). Используют раствор для урегулирования ионной силы (БРОИС), состоящий из хлорида, ацетата и цитрата натрия и ледяной уксусной кислоты, который составляет пятую часть от объема опытных и градуировочных растворов. Предварительно строят градуировочный график зависимости содержания аммонийного азота от ЭДС, который используется для расчета. Содержание аммонийного азота выражают в мг на литр (мг/л) (Приложение 10) [41].

**Нитраты.** Концентрацию нитратов измеряют с использованием ионоселективного нитратного электрода потенциометрическим методом с помощью потенциометра Анион 4100 (Россия). Предварительно строят градуировочный график зависимости содержания нитратов от ЭДС, который используется для расчета. Содержание нитратов выражают в мг на литр (мг/л) (Приложение 11) [39].

**Хлориды.** Концентрацию хлоридов измеряют с использованием ионоселективного хлоридного электрода потенциометрическим методом с помощью потенциометра Анион 4100 (Россия). Используют раствор для урегулирования ионной силы (нитрат калия). Предварительно строят градуировочный график зависимости содержания хлоридов от

ЭДС, который используется для расчета. Содержание хлоридов выражают в мг на литр (мг/л) (Приложение 12) [38].

**Атомно-эмиссионный (К, Na) и атомно-абсорбционный метод (Ca, Mg, Fe, Mn).** Пробы анализировались атомно-эмиссионным (К, Na) и атомно - абсорбционным методом (Ca, Mg, Fe, Mn) на атомно-абсорбционном спектрофотометре (AA-7000, Shimadzu, Япония). Предварительно строят градуировочный график зависимости концентрации каждого из определяемых металлов от абсорбции с использованием стандартных растворов, который используется для расчета. Содержание металлов выражают в мг на литр (мг/л) (Приложение 13) [14].

**pH.** Исследования проводились потенциометрическим методом с помощью pH - метра HANNA, Германия (Приложение 14) [34].

### **3.3. Методика бактериологического анализа**

Приготовление среды: 10 г. среды Эндо растворить в 1л. дистиллированной воды, довести до кипения, отфильтровать с помощью ваты, разлить по 10 мл в каждую чашку Петри.

Исследования проводились на базе микробиологической лаборатории медицинского института ПетрГУ согласно методическим указаниям по водной микробиологии [24]. Было взято 3 повторности по 1мл. Чашки Петри держались в закрытом темном помещении, дополнительно заворачивались газетой. Все посеы выполнены в асептических условиях, одноразовой посуде, в стерильных условиях и под контролем специалиста. Учёт проводился с помощью программы по подсчету биологических объектов на цифровых носителях «ImageJ». Для определения общего микробного числа (ОМЧ) подсчитывались все образовавшиеся колонии. По норме СанПиН их должно быть не больше 50 КОЕ/мл Микробы растут как в толще питательной среды, так и на поверхности. Для определения бактерий группы кишечной палочки (БТКП) подсчитывались колонии с металлическим блеском. *Coli Ind* показывает число кишечных палочек в 1000 мл воды. Поэтому он рассчитывался по формуле:  $\frac{n*1000_{мл}}{U}$ , где n-количество бактерий группы кишечной палочки, U-объем жидкости. По норме СанПиН их количество должно быть не более 3. *Coli T* называют наименьший объем воды, в котором обнаружена одна кишечная палочка. Он рассчитывался по формуле:  $\frac{U*1}{n}$  и должен быть не менее 300.

### **3.4. Методика биотестирования**

В литературных источниках нет информации использования *Ceriodaphnia affinis* как тест-объекта загрязненности питьевой воды, поэтому биотестирование проводилось согласно методическим указаниям по биологическим методам определения токсичности водной среды [47]. В институте водных проблем Севера была взята маточная культура *Ceriodaphnia affinis* (Приложение 15) и водоросль хлорелла, которая использовалась в качестве корма. Биотестирование воды проводят только на синхронизированной культуре цериодафний. Синхронизированной является одновозрастная культура, полученная от одной самки путем ациклического партеногенеза в третьем поколении. Такая культура генетически однородна. Рачки, ее составляющие, обладают близкими уровнями устойчивости к токсическим веществам, одновременно созревают и в одно время дают генетически однородное потомство [42]. Третье, последнее поколение дафний использовалось для определения экологического состояния воды. По каждой исследуемой воде использовалось 10 параллельных серий (Приложение, рис. 16), которые отфильтровывались обеззоленными фильтрами белой ленты. В качестве контроля и выращивания маточной культуры использовалась родниковая вода. В течение 10 дней приводился учет родившейся молоди в контроле и исследуемых банках. Молодь подсчитывалась и удалялась пластиковой пипеткой.

## 4. Результаты

### 4.1. Погодные условия

В каждую из дат отбора было проведено наблюдение за погодными условиями: измерялись температуры воздуха и воды, влажность воздуха, атмосферное давление

Табл.1. Условия окружающей среды в дни отбора

	05.08. 2017	31.08. 2017	03.11. 2017	28.12. 2017	14.06. 2018	25.07. 2018	31.08. 2018	11.09. 2018
<b>t воды, °С</b>	5-8							
<b>t воздуха, °С</b>	(+14)- (+17)	(+15)- (+17)	(-2)- (+2)	(-4)- (+1)	(+14)- (+16)	(+20)- (+24)	(+11)- (+12)	(+12)- (+15)
<b>Н, %</b>	80-86	87-93	79-84	69-78	40-49	56-80	53-56	54-59
<b>Р, мм.рт.ст</b>	747- 751	752- 759	745- 751	747- 753	753- 757	757- 760	758- 765	761- 762

### 4.2. Химический анализ воды источников

#### 1. Родник на ст. Нигозеро

В течение всего года бихроматная окисляемость, показатель жесткости и водородный показатель рН, содержание Са, Na, Mg, К, хлоридов, нитритов, нитратов, фосфатов находились в пределах ПДК. Концентрация органического углерода однократно превысила ПДК 11.09.2018г. в 2 раза. Содержание катионов аммония незначительно превышало норму 3.11.2017г. и 25.08.2018г. Особо на себя внимание обратила цветность воды. Из 7 проведенных отборов в 4 были превышения. В августе 2017г. цветность превысила ПДК на 10 градусов. Однако в августе 2018г. она практически соответствовала ПДК, превышение лишь на 0,1. Так же 3.11.2017г. и 28.12.2017г. цветность превышала установленную норму примерно в 2 раза (Приложение, табл.1).

#### 2. «Освященный» родник

За период первой половины 2017г, второй половины 2018г. значения водородного показателя рН, жесткости, содержания Са, Na, Mg, К, нитритов, нитратов, хлоридов, фосфатов находились в пределах ПДК. Единичное превышение наблюдалось по бихроматной окисляемости и содержанию катионов аммония 14.06.2018г. и 25.07.2018г. соответственно. 3.11.2017г. и 31.08.2018г. выявлены несоответствия по показателям мутности и цветности, они были выше нормы практически в 2 раза. 11.09.2018г. отмечено превышение показателя мутности для питьевой воды (Приложение, табл.2).

#### 3. Родник на ул. Зеленой

В течение исследуемого года значения водородного показателя рН, показателей мутности и жесткости, содержания Са, Na, Mg, К, хлоридов, фосфатов, нитритов находились в пределах ПДК. 31.08.2018г. наблюдались однократные превышения по бихроматной окисляемости, а именно до 14 мг/л и содержанию нитратов – практически в 3 раза. В эту же дату цветность превышала ПДК на 20 градусов. Незначительное превышение цветности обнаружено так же 28.12.2017г. и 25.07.2018г. Концентрация ионов аммония несущественно превосходила ПДК (Приложение, табл.3).

#### 4. Родник в кооперативе «Онего-2»

В течение годового наблюдения за данным родником значения водородного показателя рН, показателя жесткости, содержания Са, Na, Mg, К, нитритов, хлоридов, катионов аммония, фосфатов, находились в пределах ПДК. 3.11.2017г., 28.12.2017г. и 25.07.2018г. показатели цветности и мутности значительно превосходили ПДК. 28.12.2017г., кроме превышений по данным двум показателям, наблюдалось увеличенное содержание нитратов и органического углерода (бихроматной окисляемости). 31.08.2018г. показатели цветности и содержанию нитратов превышали ПДК, причем, нитраты – более чем в 4 раза (Приложение, табл.4).

#### **5. Родник на ул. Вольной**

В период исследования показатели бихроматной окисляемости и жесткости, водородный показатель рН, содержание Са, Na, Mg, К, нитритов, хлоридов, фосфатов находились в пределах ПДК. 3.11.2017г. показатели мутности и цветности превышали ПДК. 31.08.2018г., вероятно, имелось нитратное загрязнение, потому что содержание нитратов превысило ПДК более чем в 5 раз. 28.12.2017г. цветность превысила ПДК на 10 градусов, а отмеченное содержание нитратов было выше ПДК более чем в 2 раза. Превышение по содержанию нитратов так же наблюдалось 25.07.2018г. В эту же дату повышено содержание и ионов аммония – примерно 4 раза. Превышение показателя мутности воды отмечалось 5.08.2017 г. и 11.09.2018 г. (Приложение, табл.5).

#### **6. Водопроводная вода**

На протяжении всего года водородный показатель рН, показатель жесткости, содержание Са, Na, Mg, К, нитритов, нитратов, хлоридов, катионов аммония, фосфатов находились в пределах ПДК. Цветность, напротив, находилась в диапазоне 36-105 градусов, что в большей или меньшей степени превосходило ПДК. В холодный период (3.11.2017г, 28.12.2017г) и 11.09.2018г. наблюдалось превышение показателя мутности воды, что, вероятно, обусловлено присутствием в воде взвешенных частиц. Содержание железа находилось в диапазоне 0,32-0,37 мг/л, что превышает ПДК по этому показателю. 28.12.2017г. наблюдалось однократное превышение бихроматной окисляемости до 36 мг/л органического углерода (Приложение, табл.6).

#### **7. Бутилированная вода под маркой «Карельская Жемчужина»**

На протяжении исследования показатели мутности и жесткости, водородный показатель рН, содержание Са, Na, Mg, нитритов, нитратов, хлоридов, фосфатов находились в пределах ПДК [43] (Существуют нормативы ПДК для централизованного и нецентрализованного водоснабжения источников воды. Однако в обоих случаях определяемые химические показатели имели одинаковые значения в этих нормативных актах). Но были выявлены и несоответствия некоторых показателей ПДК. Так, показатель цветности превышал ПДК 3.11.2017г., 5.08.2017г. и особенно 31.08.2018г., где наблюдалось превышение более чем в 2 раза. В ноябре было обнаружено превышение допустимой концентрации катионов аммония. Кроме этого, превышение по этому же показателю наблюдалось 11.09.2018г. – более чем в 3 раза от установленной нормы. Однократные превышения наблюдались по бихроматной окисляемости 28.12.2017г. – в 2 раза и по содержанию калия 14.06.2018г. – более чем в 3 раза (Приложение, табл.7)

### **4.3. Сезонная динамика химических показателей.**

#### **1. Нитриты**

Оценивая в целом результаты, можно сделать вывод о том, что содержание нитритов во всех изучаемых источниках во все даты отбора не превышало установленного для питьевой воды ПДК, и выявленные колебания были не значительны. Самое высокое содержание нитритов за весь период изучения выявлено в Нигозерском роднике, однако, и оно, в общем понимании, достаточно низкое. Самые низкие, среди наблюдаемых значений, пришлись на июнь и июль месяц в связи с высокими процессами превращений и разложений азотсодержащих веществ, достаточно высокие – в ноябре и декабре, что объясняется низкими температурами и некоторой консервацией химических процессов.

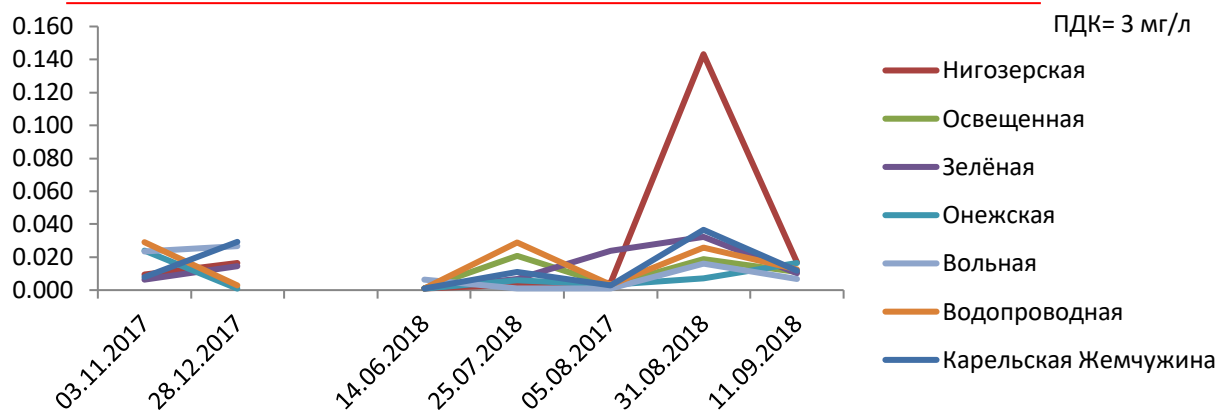


Рис.4. Сезонная динамика нитритов во всех исследуемых источниках

### 2. Углерод (Бихроматная окисляемость)

Достаточно высокие концентрации углерода обнаружены в ноябре и декабре по причине низких температур, которые способствовали сохранению органического вещества. В бутилированной воде под маркой «Карельская Жемчужина» в декабре обнаружено высокое его содержание, что может свидетельствовать о накоплении трудноокисляемого органического вещества на большой глубине, что характерно для скважин. Однако в летние месяцы органика активно расщепляется, и показатель ее содержания совсем не высокий. Более того, в июле 2018 г используемым методом вовсе не удалось обнаружить какое-либо органическое вещество, что говорит о высоких скоростях трансформации. Превышение ПДК отмечено в декабре.

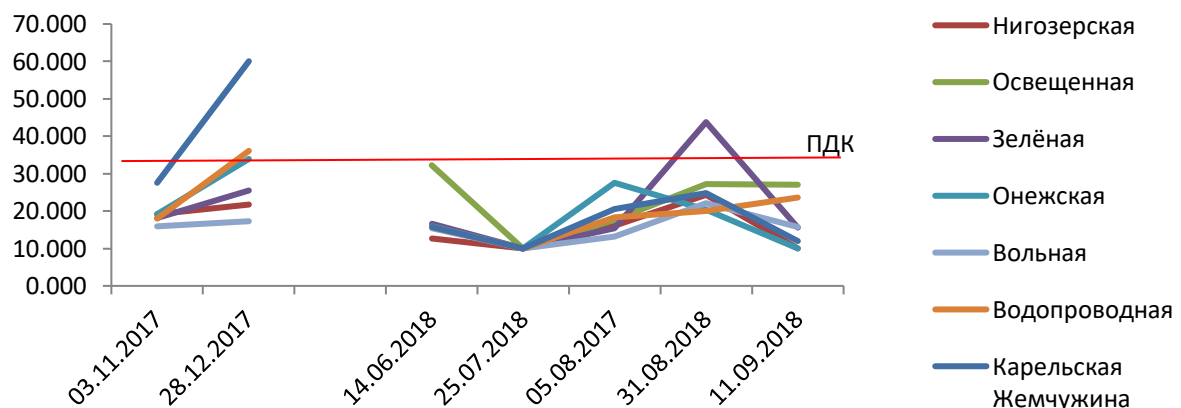


Рис.5. Сезонная динамика бихроматной окисляемости во всех исследуемых источниках

### 3. Цветность

Часто цветность превышала установленную ПДК, однако внешне вода была вполне прозрачной. Это связано с тем, что в исследуемой воде могли содержаться различные примеси, которые невозможно увидеть человеческим зрением. В том числе трудноокисляемая органика. Лидером по цветности в течение всего сезона наблюдений стала водопроводная вода. Превышение ПДК по цветности в ней связано со значительным содержанием железа (от 0,318 до 0,367 мг/л). Отмечается влияние погодных условий на снижение цветности в зимние месяцы.

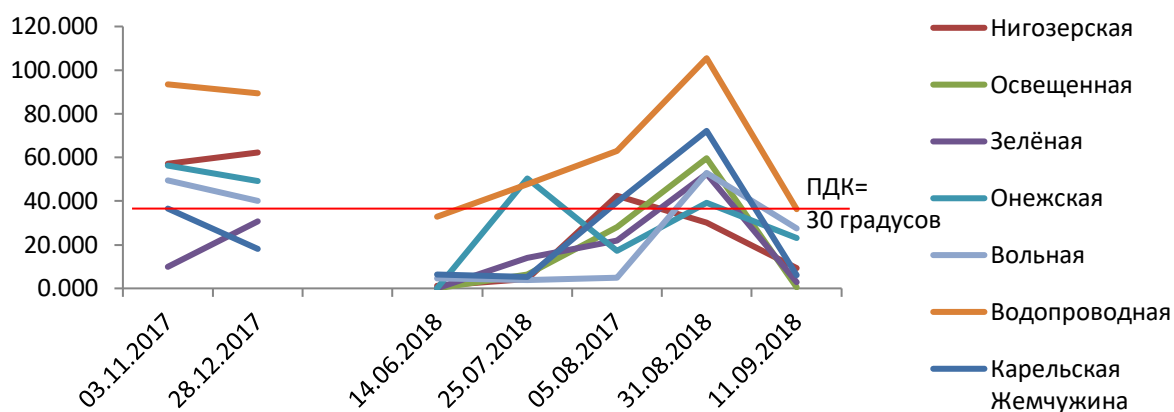


Рис.6. Сезонная динамика цветности во всех исследуемых источниках

#### 4. Водородный показатель рН

По показателю рН все наблюдаемые источники попадают в границы, установленные для питьевой воды. Наблюдаются незначительные изменения в связи с тем, что в замкнутых источниках, таких как скважины и родники создается некоторый буфер химических компонентов. В водопроводной воде, напротив, резкие колебания показателя рН могут быть связаны с добавлением различных веществ для ее очистки, которые, вероятно, в большем количестве поступают в летние периоды, чтобы защитить поступающую из крана воду от высокого содержания вредных недопустимых веществ.

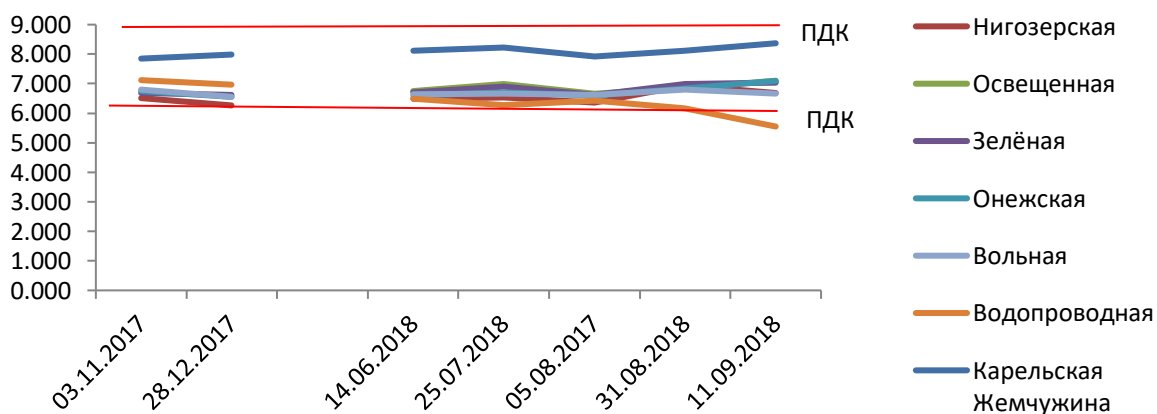


Рис.7. Сезонная динамика рН во всех исследуемых источниках

#### 5. Кальций и Магний

Содержание кальция и магния не превышало границ ПДК в течение всего периода наблюдения за источниками. Кальций был подвержен более значительным колебаниям в пределах каждого из источников, магний – намного меньшим. Данные показатели связаны с залегающими под родником и скважиной горными породами, которые могут быть источниками данных металлов. Поэтому становятся понятными самые низкие концентрации кальция и магния в водопроводной воде, которая не подвержена данному фактору. Вода из «Карельской жемчужины» может дополнительно обогащаться данными металлами.

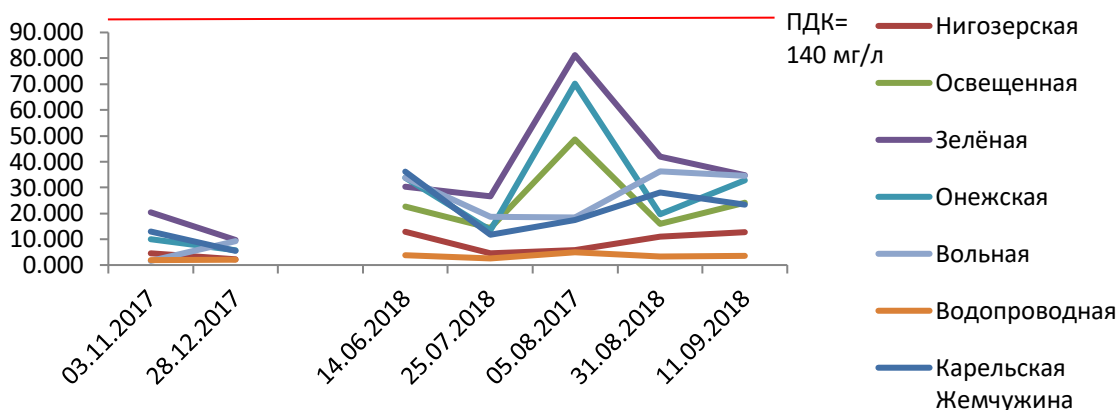


Рис.8. Сезонная динамика кальция во всех исследуемых источниках

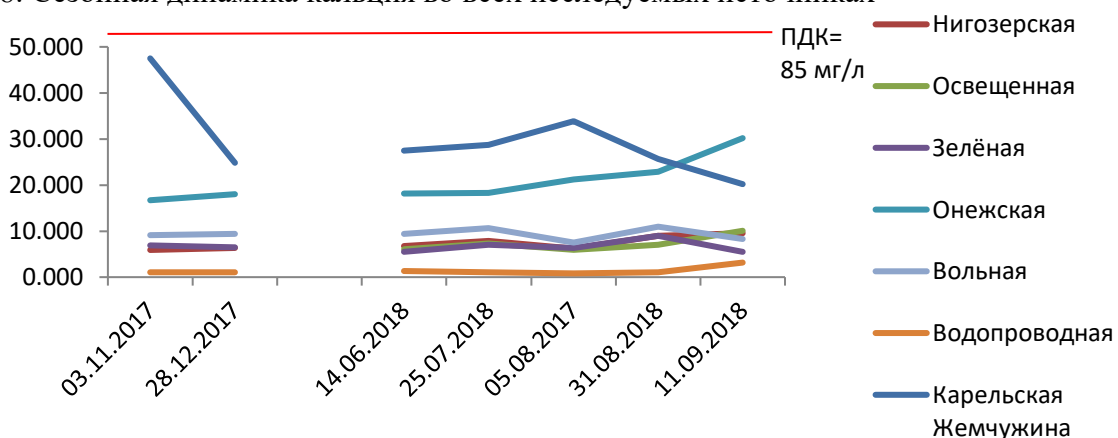


Рис.9. Сезонная динамика магния во всех исследуемых источниках

#### 6. Натрий и Калий

Содержание калия и натрия также не превышало границ ПДК. Натрий был подвержен более значительным колебаниям. Наиболее низкие значения по концентрации данных металлов были обнаружены в водопроводной воде, а наиболее высокие – в роднике на ул. Вольной и «Карельской жемчужине». Вероятно, в вольном роднике имеет место загрязнение, а в «Карельской жемчужине» - дополнительное обогащение данными микроэлементами. Обращает на себя внимание очень высокое превосходящее ПДК в 3,5 раза содержание калия в июне 2018 г в «Карельской жемчужине».

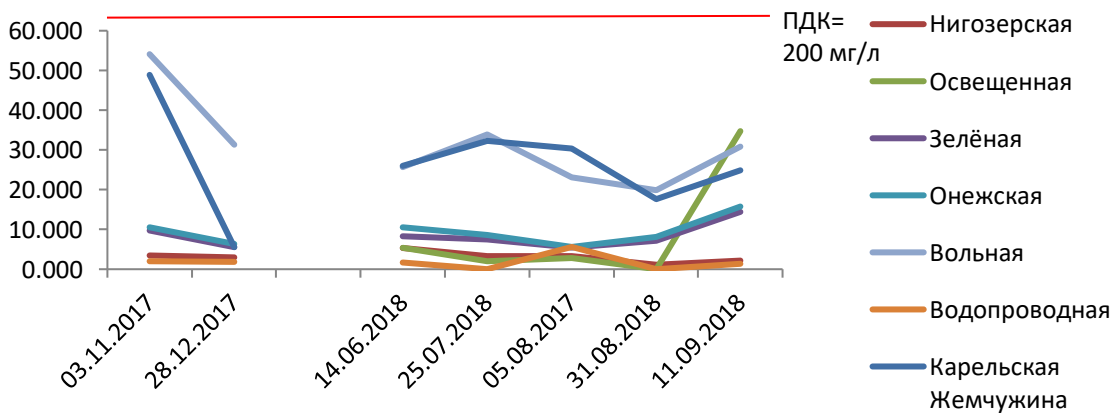


Рис.10. Сезонная динамика натрия во всех исследуемых источниках

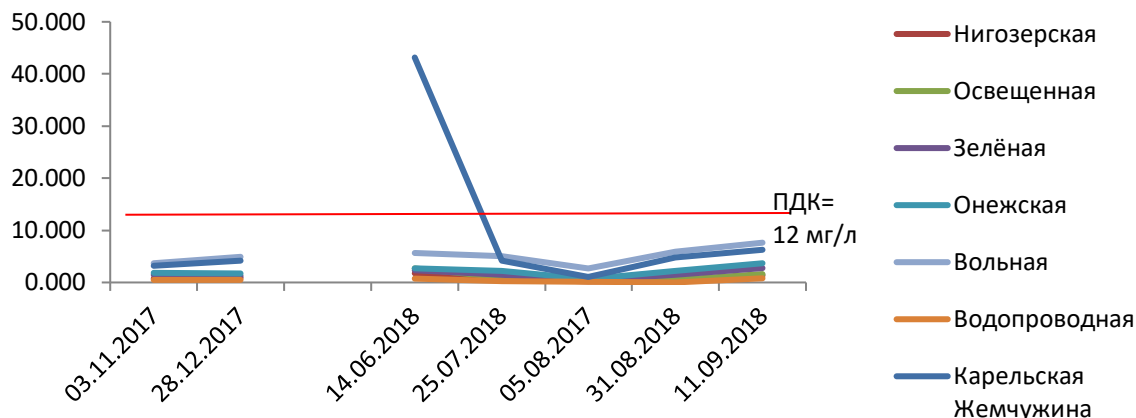


Рис.11. Сезонная динамика калия во всех исследуемых источниках

### 7. Нитраты

Достаточно высокое содержание нитратов в декабре 2017 г согласуется с низким содержанием нитритов в этот же период, так как низкие температуры замедляют превращение нитратов в нитриты. Превышение ПДК по нитратам в некоторые даты отбора сильно не насторожило, так как нитраты опасны не сами по себе, а их превращением в нитриты, содержание последних никогда не превышало ПДК.

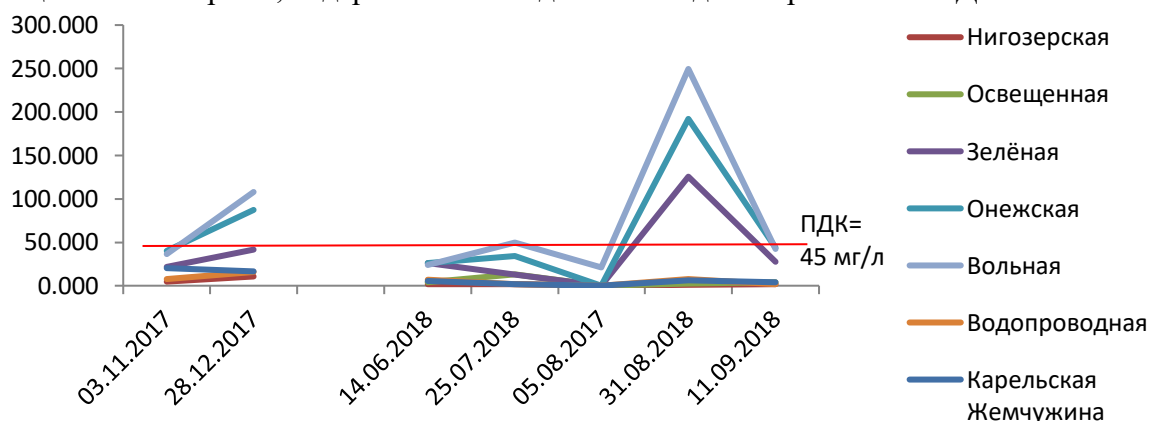


Рис.12. Сезонная динамика нитратов во всех исследуемых источниках

### 8. Хлориды

Концентрация хлоридов в течение всего периода наблюдения находилась в границах установленной нормы. Самое низкое их содержание во всех наблюдаемых источниках отмечено в июне 2017 г. В целом, более высокие значения отмечены в роднике «Онего-2» и на ул. Вольной, вероятно, они являются наиболее загрязненными, что, подтверждается и другими показателями. Значительное количество хлоридов в водопроводной воде связано с использованием хлорсодержащих веществ при дезинфекции воды.

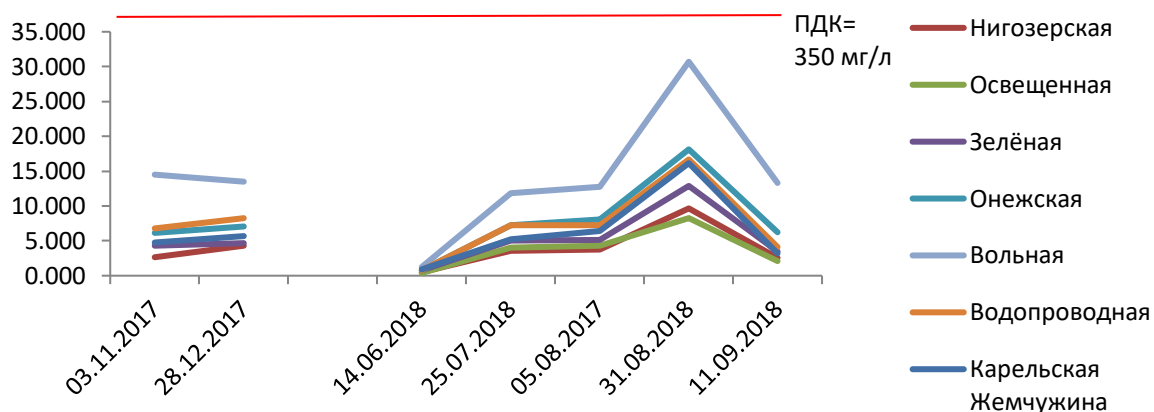


Рис.13. Сезонная динамика хлоридов во всех исследуемых источниках

#### 9. Аммонийный азот

Высокое содержание аммонийного азота – показатель бактериального заражения исследуемой воды. Практически во всех источниках этот показатель находился в границах нормы или незначительно превышал ее. Кроме того, для неконтролируемых родников, находящихся в свободном доступе, неудивительно превышение данного показателя. Поразило высокое содержание аммония в июле 2018 г в роднике на ул. Вольной, что вызвано расположением родника в районе с высокой антропогенной нагрузкой, а также в «Карельской жемчужине», что может быть вызвано неосторожным способом упаковывания ВОДЫ.

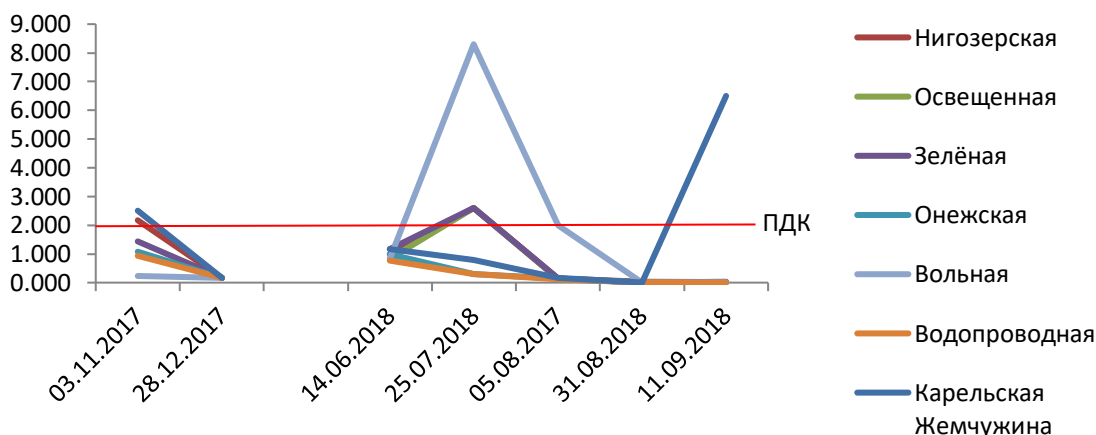


Рис.14. Сезонная динамика аммонийного азота во всех исследуемых источниках

#### 10. Фосфаты

Содержание подвижного фосфора часто связывают с попаданием остатков моющих средств, остатков удобрений с различных объектов сельскохозяйственных угодий. Колебания в сезонной динамике достаточно значительны, однако, они имеют место на низких значениях концентраций, которые в несколько раз ниже установленного ПДК.

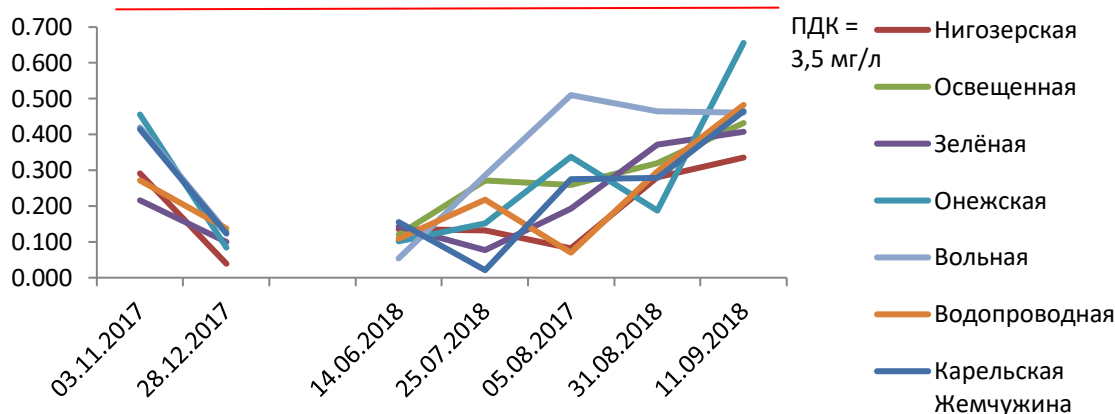


Рис.15. Сезонная динамика аммонийного азота во всех исследуемых источниках  
11. Жесткость

Жесткость принято рассчитывать по эквивалентному значению суммы кальция и магния, поэтому ее колебания являются следствием различного содержания данных металлов в исследуемых водах. Наибольший ее показатель в течение всего сезона наблюдался в «Карельской жемчужине», что согласуется с достаточно высоким содержанием в ней кальция и магния, что не противоречит указанному на упаковке составу. Самая низкая жесткость – в водопроводной воде. Все рассчитанные показатели на всех источниках в течение всего сезона года соответствуют ПДК.

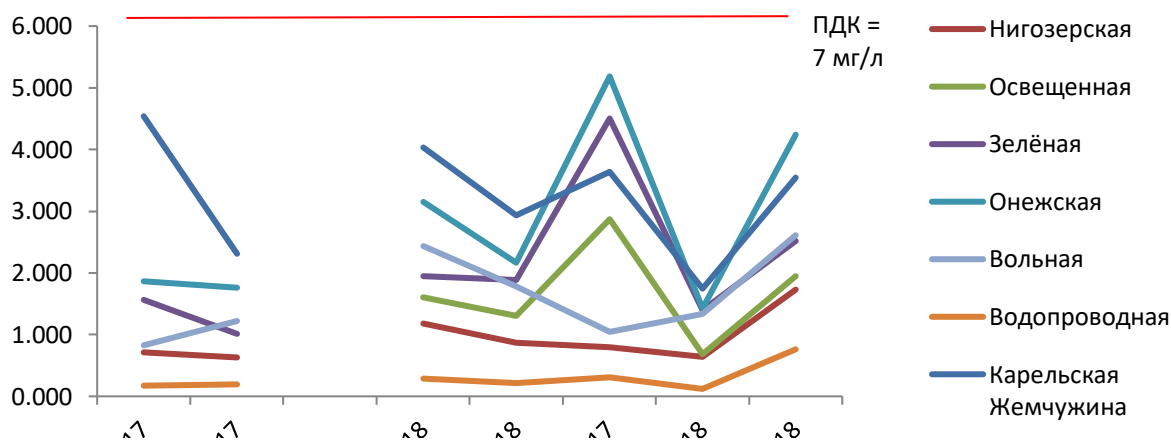


Рис.16. Сезонная динамика жесткости во всех исследуемых источниках  
12. Мутность

В течение исследуемого года с 5.08.2017 по 31.08.2018 по каждому показателю наблюдалось, по крайней мере, однократное превышение ПДК, кроме родника на ул. Зеленой. Результаты нестабильно варьируют в связи с влиянием внешних факторов на грунтовые воды. Однако наибольший всплеск наблюдается в августе.

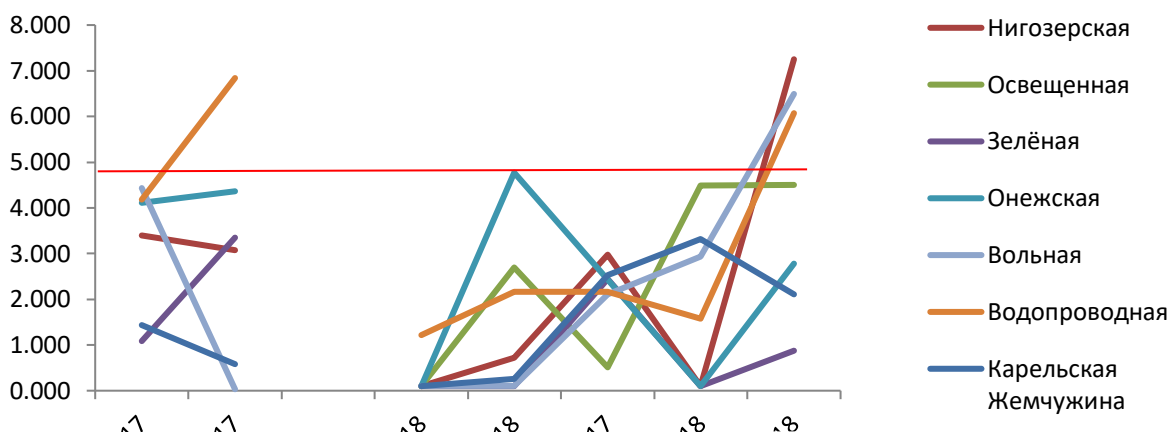


Рис.17. Сезонная динамика аммонийного азота во всех исследуемых источниках

**13. Марганец.** На протяжении всего исследования во всех источниках наблюдалась незначительная его концентрация.

#### 4.4. Влияние кипячения на химические показатели исследуемых источников

Кипячение исследуемой воды не вызвало однонаправленного действия, что подтверждает различный химический состав исследуемых вод, их разную химическую матрицу. Однако содержание аммонийного азота и органического углерода уменьшалось после кипячения, что свидетельствует о разрушении молекул органических веществ. Так, первоначальная концентрации аммонийного азота в «Карельской Жемчужине» превышала ПДК в 3 раза, однако после кипячения его содержание было незначительно. Нитриты до и после кипячения незначительно варьировали в пределах ПДК. В родниках в кооперативе «Онего-2», на ул. Вольной увеличивалось содержание кальция, а в остальных уменьшалось. Повышение содержания кальция в воде наблюдается так же в Нигозерском роднике. В «Освященном» и зеленом родниках повышалось содержание натрия. Разное поведение металлов после кипячения свидетельствует об их нахождении в форме различных солей, которые после кипячения претерпевают химические превращения, сменяя свое состояние из нерастворимого в растворимое и наоборот. После кипячения вода становится более щелочная, что обусловлено концентрированием солей щелочных и щелочноземельных металлов, гидролизующихся по аниону. Содержание нитратов во всех исследуемых водах повышается, за исключением водопроводной, где не наблюдается изменений. В остальных водах наблюдаются первоначальные низкие показатели, вследствие чего после кипячения они изменяются незначительно. Результаты анализа воды после кипячения по калию, марганцу, железу, хлоридам, фосфатам так же изменялись в очень ограниченных пределах (Приложение, табл.8).

В отношении бактериологического анализа споровые культуры не погибают при обычном кипячении, они требуют автоклавирования воды, тиндализации (дробного кипячения). Однократное кипячение можно рассматривать только как альтернативный способ обработки воды, который вызывает угнетение только вегетативных клеток бактерий.

Таким образом, люди, используя различную воду, должны понимать, что кипячение избавит их от избытка органических веществ и белковых молекул, которые свидетельствуют о наличии различных микроорганизмов и простейших в используемой воде, однако химические превращения других составляющих после кипячения могут быть непредсказуемы. Более того, чаще всего, кипячение приведет к концентрированию веществ и защелачиванию воды. Также рекомендуется фильтровать воду после кипячения, чтобы удалить взвешенные компоненты.

#### 4.5. Влияние погодных условий на химический состав воды

Дождь во время отбора 31.08.2017г. не вызвал однонаправленного действия, что связано с разным месторасположением источников. Результаты сравнивались с отбором, произведенным 5.08.2017г. Содержание магния, калия, хлоридов и фосфатов в данных источниках уменьшается, что объясняется разбавлением. А концентрация нитратов и аммонийного азота увеличивается, что может быть связано с растворением и гидролизом различных азотных соединений, которые могут быть связаны как с попаданием загрязнений, так и веществ природного происхождения (из почвы, растительности), которые вместе с дождем могли попасть в источники с окружающих территорий. Концентрация аммонийного азота в некоторых источниках стала превышать ПДК. Содержание нитритов и мутность воды используемыми методами вовсе не удалось обнаружить каких-либо концентраций, что можно объяснить тем, что в период отбора шел дождь, что способствовало разбавлению. Концентрация бихроматной окисляемости не имела однонаправленной тенденции: в роднике на ул. Зеленой она увеличивалась, а в остальных источниках уменьшалась в различных пределах. Содержание кальция в роднике на ул. Вольной увеличилось, а в остальных источниках уменьшалась. Результаты анализа по рН воды, марганцу и железу изменяются незначительно. Содержание натрия во всех исследуемых источниках увеличивалось (зеленый и онежский родники) или незначительно изменялось (Приложение, табл.9)

#### 4.6. Бактериологический анализ источников

##### 1. Родник на ст. Нигозеро

31.08.2018 г. наблюдается однократное превышение ОМЧ на 60 КОЕ/мл. Все остальные значения варьировали в пределах: 0-40 КОЕ/мл, что соответствует норме. Однако содержание в воде БГКП выше нормы в 8-12 раз, за исключением отбора в июле.

##### 2. «Освященный» родник

14.06.2018, 25.07.2018 наблюдается незначительное превышение санитарной нормы по общему микробному числу, что подвержено влиянию сезонных факторов. 11.09.2018 и 3.11.2017 не было обнаружено ни одного микроорганизма. Однако в остальные отборы *Coli Ind* превышал норму и варьировал в пределах от 4 до 11 КОЕ/мл.

##### 3. Родник на ул. Зеленой

5.08.2017 значение ОМЧ превышает норму на 35 КОЕ/мл, а 11.09.2018 на 950 КОЕ/мл. Все остальные значения варьировали в пределах санитарной нормы от 4 до 48 КОЕ/мл. Содержание БГКП в воде незначительно превышало норму на 1-6 КОЕ/мл.

##### 4. Онежский родник

ОМЧ варьирует в пределах 12-103 КОЕ/мл. Из них 28.12.2017 и 31.08.2018 была превышена норма на 4 и 53 КОЕ/мл соответственно. Значение *Coli Ind* было превышено в августе и июле. В целом значения БГКП варьировали от 1 до 6 КОЕ/мл.

##### 5. Родник на ул. Вольной

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.

##### 6. Водопроводная вода

За весь период наблюдения общее микробное число, *Coli Ind* и *Coli T* ни разу не превышали санитарной нормы, т.к. данная вода проходит систему очистки. В среднем, по ОМЧ наблюдались значения от 0 до 43 КОЕ/мл, *Coli T* от 0 до 3, что соответствует СанПиН.

##### 7. «Карельская Жемчужина»

В «Карельской Жемчужине» наблюдается высокая численность клеток (Приложение 17), в частности бактерий группы кишечной палочки, дающих на дифференциально-

диагностической среде Эндо красные с металлическим блеском колонии. Общее микробное число (ОМЧ) колоний изменялось от  $1,6 \times 10^2$  до  $2,1 \times 10^3$  колониеобразующих единиц в 1 мл, что значительно превышает норму [43]. Однако в ноябре ОМЧ в среднем составило 24 КОЕ/мл, что соответствует санитарной норме (до 50 КОЕ).

#### **4.7. Изменение численности бактерий в исследуемых пробах воды в зависимости от сезона отбора проб**

В течение исследуемого периода с 5.08.2017 по 11.09.2018 по результатам анализа численности бактерий в питьевой воде, производимой под маркой «Карельская Жемчужина» и «Освященного» родника 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). При этом, в декабре отмечалось максимальное значение ( $2,1 \times 10^3$  и 87 КОЕ/мл соответственно), что можно объяснить снижением концентрации органических форм азота в которых нуждаются гетеротрофные микроорганизмы. В родниках на ул. Вольной, ст. Нигозеро и водопроводной воде наивысшие значения ОМЧ (123, 109, 39 КОЕ/мл соответственно) наблюдались в конце августа, что, вероятно, связано с повышением доли азота в воде. В родниках на ул. Зеленой и в кооперативе «Онего-2» максимальное значение ОМЧ наблюдалось в начале сентября, что свидетельствует о наибольшем поступлении азотсодержащей органики в воду.

31.08.2017 в составе микрофлоры воды родников на станции Нигозеро (Приложение 18), в кооперативе «Онего-2» и водопроводной воде обнаружены споровые культуры. В нигозерском роднике споры так же были обнаружены 31.12.2017, а в водопроводной воде 11.09.2018 (Приложение 19). Наличие споровых культур, как правило, почвенных – бактерии рода *Bacillus*, косвенно свидетельствует о контакте образцов воды с почвой или о наличии неблагоприятных факторов среды, которые могут провоцировать переход вегетативных клеток в спорогенные.

31.08.2017 в «Освященном» роднике (Приложение 20), 14.06.2018 на ул. Зеленой и ул. Вольной, 11.09.2018 в водопроводной воде обнаружены представители низших микроскопических грибов, которые на агаризованных средах формировали крупные пушистые колонии с выраженным вегетативным мицелием. Низшие грибы являются сапротрофами и участвуют в редукции органических загрязнений.

11.09.2018 посев осуществлялся на агаризованную питательную среду, состоящую из мясного экстракта, пептона (продукта неполного гидролиза белков) и агара - МПА. В родниках, расположенных на ул. Вольной, «Онего-2», ст. Нигозеро, «Карельской Жемчужине» были обнаружены аммонифицирующие (гнилостные) микроорганизмы, которые свидетельствуют о свежем органическом загрязнении (Приложение 21).

Обобщая результаты бактериологического анализа, все источники отбора можно разделить на 2 группы в зависимости от посевов в разные сезоны года, которые описываются по разному расположению квадратичной функции линии тренда: вогнутая прямая («Карельская Жемчужина», «Освещенная» вода) и выпуклая прямая (нигозерская, зеленая, онежская, вольная). Более того, результаты *Coli Ind* и ОМЧ имеют схожие тенденции. Это говорит о том, что 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. 10).

#### **4.8. Анализ активности дафний**

##### **1. Сезонная динамика активности дафний**

В декабре и ноябре были схожие погодные условия, что подтверждается единообразной жизнедеятельностью дафний. В августе наблюдается всплеск их плодовитости, что сопровождалось резким увеличением некоторых 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, то есть была бы химически чистой, то дафниям могло бы не хватать питания, следовательно, ее выживаемость и плодовитость была бы снижена. Чтобы убедиться в данном высказывании был проведен эксперимент. Биотестирование проводилось на дистиллированной воде. На 2-ой день все дафнии погибли, что показывало недостаточность 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  $p < 0,05$ .

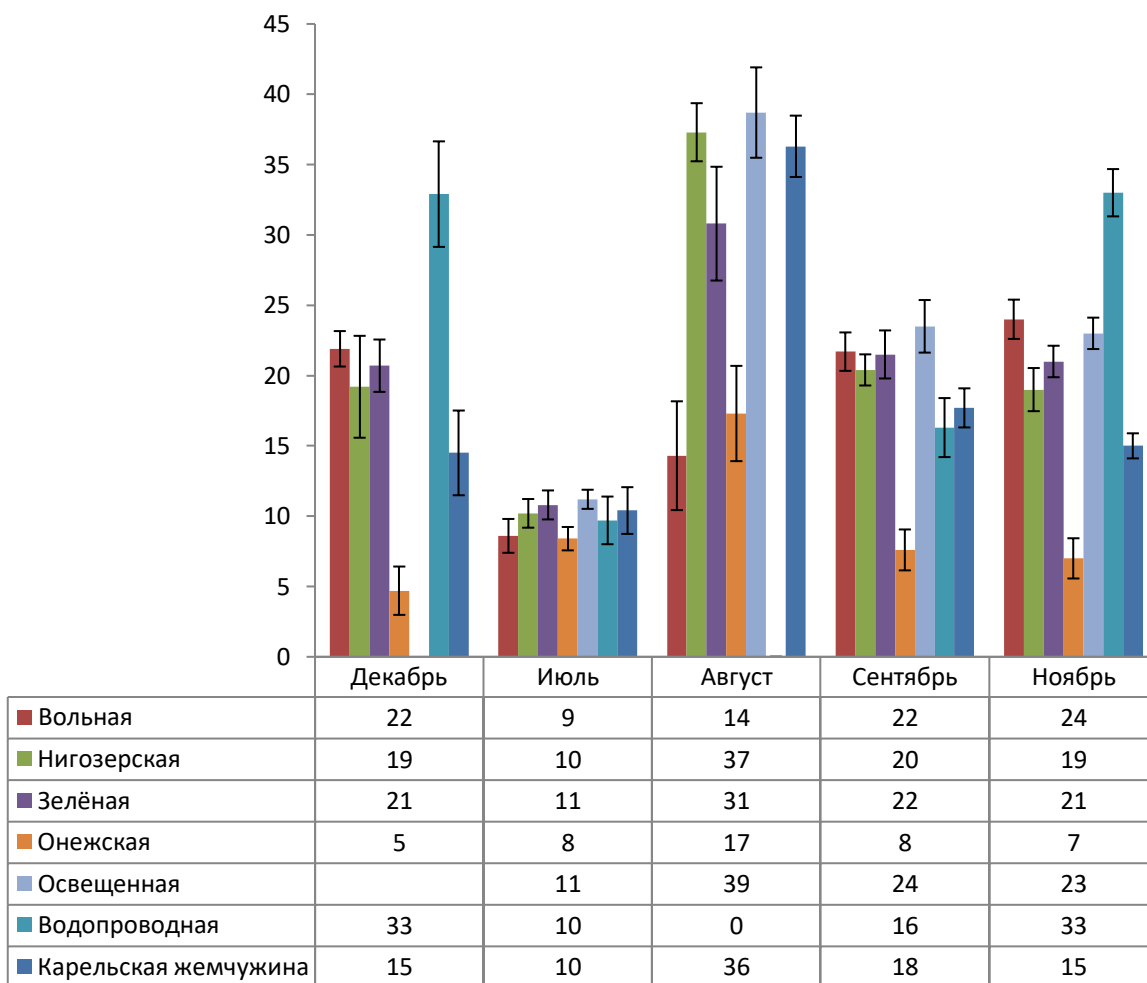


Рис.18. Анализ жизнедеятельности дафний в исследуемых источниках

В декабре и ноябре водопроводная и онежская вода достоверно отличались от всех исследуемых проб ( $0,01 < p < 0,0001$ ) по количеству дафний. В водопроводной воде их было значимо большее количество, а в Онежской – значимо меньшее по сравнению с остальными исследуемыми источниками воды. В эти же даты отбора количество дафний в Карельской жемчужине значимо ниже, чем в Вольной ( $p < 0,05$ ). В июле не обнаружено достоверной разницы между количеством дафний в исследуемых источниках. В августе число дафний из Вольного и Онежского источников были достоверно ниже, чем в остальных ( $0,01 < p < 0,0001$ ). В сентябре в Онежском источнике достоверно более низкое количество дафний, по сравнению со всеми исследуемыми пробами ( $0,01 < p < 0,0001$ ). В свою очередь, число дафний из родника на Зеленой и из водопроводной воды достоверно ниже, чем тоже количество из Вольной и Святой точек отбора ( $0,05 < p < 0,0001$ ). Зелёная

так же достоверно отличается от Нигозерской, Вольной и Карельской жемчужины по количеству дафний ( $0,05 < p < 0,0001$ ).

#### **4.9. Анализ ассимиляционных и диссимиляционных процессов, связанных с жизнедеятельностью *Ceriodaphnia affinis***

##### **1. Родник на ст. Нигозеро**

В летний период содержание ионов (фосфатов, нитратов), К, Са, органического углерода, показатель рН увеличивались в указанных пределах. В зимний период содержание ионов (фосфатов, катионов аммония, нитратов, нитритов), органического углерода, Mg, Na, Са, показатели мутности, цветности и рН варьировали в пределах. Из перечисленных все показатели возрастали, только показатели мутности и цветности, содержание органического углерода уменьшались, что было связано с расходом определенных веществ.

##### **2. «Освященный родник»**

В летний период содержание фосфатов, нитратов, нитритов, органического углерода, К, показатель рН увеличивались, что было связано с аккумулярованием определяемых компонентов, а показатель цветности уменьшался.

##### **3. Родник на ул. Зеленая**

В зимний период аммонийный азот, хлориды, нитраты, нитриты, К, Mg, Са, показатели мутности, цветности, жесткости и рН находились в следующих пределах. Все исследуемые показатели увеличивались. В летний период содержание фосфатов, нитритов, К, показатели рН, мутности, бихроматной окисляемости увеличивалось в определенных количествах.

##### **4. Родник в кооперативе «Онего-2»**

В зимний период содержание нитритов, аммонийного азота, хлоридов, К, Mg, Са, показатели, жесткости, рН возрастали после 10-дневной жизнедеятельности дафний, а показатель бихроматной окисляемости снижался, что символизировало о расходе органического углерода. В летний период содержание фосфатов, нитритов, К и показатель рН возрастали, а Mg расходовался, следовательно, его количество уменьшалось.

##### **5. Родник на ул. Вольная**

В зимний период К Mg Са, хлориды, аммонийный азот, нитриты, мутность, жесткость, рН возрастали после жизнедеятельности дафний. В летний период содержание фосфатов, К, Na, Са, показатели рН, мутность увеличивались, а содержание хлоридов уменьшалось.

##### **6. Водопроводная вода**

В зимний период значение показателей по фосфатам, нитритам, аммонийному азоту, К, Mg, Na, Са, жесткости, цветности, рН возрастало, а нитраты, хлориды и органический углерод расходовались дафниями. В летний период показатели содержания фосфатов, нитратов, бихроматной окисляемости, мутности, К, рН возрастали.

##### **7. Карельская Жемчужина**

В зимний период накапливались К, Са, нитраты, нитриты, повышались показатели цветности и рН, а показатели бихроматной окисляемости, мутности уменьшались после жизни дафний. В летний период содержание К, Са, фосфатов, показатели рН, цветности находились в определенных пределах. Из перечисленных показателей снижалась только цветность (Приложение, табл. 10).

#### **4.10. Обсуждение химических показателей, отражающих индикационную роль *Ceriodaphnia affinis* в различных источниках.**

Была определена разница содержания исследуемых химических показателей, для расчета которой из количественных характеристик химических показателей после 10-дневного поселения дафний вычиталось содержание тех же химических показателей в исходных источниках. Многие из показателей не отразили какой-либо четкой зависимости

(увеличения или уменьшения), однако некоторые константно увеличивались, характеризуя активную жизнедеятельность цериодафний в исследуемых водах, которая, прежде всего, сопровождалась повышением нитритов и фосфатов и защелачиванием среды. Вода, которая была использована для исследования, 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 рН, бихроматная окисляемость, нитриты, фосфаты, кальций и калий. В зимний период так же показательным стало содержание магния, а в летний – мутность воды. Выделяется зависимость в теплый период: увеличение плодовитости дафний коррелирует с понижением показателя мутности (фильтрационные способности) и увеличением содержания нитритов (продукты азотного разложения) (Приложение, табл.11).

## 5. Выводы

1. Содержание нитритов, хлоридов, фосфатов, концентрация кальция, магния, натрия, марганца и водородный показатель рН во всех исследуемых источниках не выходят за пределы ПДК питьевой воды, что соответствует норме.
2. Во всех исследуемых источниках наблюдались однократные превышения по показателю цветности. В «Карельской Жемчужине», «Освященном» и онежском родниках, в водопроводной воде – по содержанию легко и трудноокисляемого органического углерода (по показателю бихроматной окисляемости). В кооперативе «Онега-2» и на ул. Вольной – по содержанию нитратов. В «Карельской Жемчужине», родниках на ст. Нигозеро, за деревней Подгорной, на ул. Зеленой и ул. Вольной – по содержанию аммонийного азота. В нигозерском, «Освященном», онежском и вольном родниках, в водопроводной воде – по показателю мутности. В водопроводной воде – по концентрации железа, в «Карельской Жемчужине» - по концентрации калия.
3. Активность химических процессов, которая выражается концентрацией различных химических компонентов, зависит от погодных условий, что также отражается на бактериологических показателях.
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 нигозерском, онежском и вольном источниках, «Карельской Жемчужине» присутствуют аммонифицирующие бактерии; нигозерской и водопроводной водах – споровые культуры; освещенной, зеленой, водопроводной, вольной – 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 себя в качестве модельного тест-объекта для диагностики питьевой воды.

## 6. Заключение

В процессе исследования было выявлено, что прозрачная на вид вода может содержать большое количество микробных бактерий и недопустимых химических веществ, которые выходят за пределы ПДК, отрицательно влияя на наше здоровье. Таким образом, пить несанкционированную родниковую воду не рекомендуется, т.к. она не проходит никакую систему очистки и проверку. К сожалению, даже после кипячения в воде не исчезают споровые культуры, а некоторые химические компоненты переходят даже в более опасное состояние, образуя новые соединения. Поэтому кипячение можно рассматривать только как альтернативный способ обработки воды. Следовательно, первая часть гипотезы не подтвердилась.

Наиболее безопасной на сегодняшний день остается водопроводная вода, по большинству показателей соответствующая санитарным нормам. Кроме того, по некоторым нормативным актам она приравнивается к питьевой.

Так же в процессе исследований было доказано, что дафнию можно использовать как модельный объект, который будет указывать на разный химический статус, что экономически выгоднее. Например, чтобы провести комплексный анализ воды, необходимо затратить от 3000 до 8000 рублей, а использование дафний потребует намного меньших финансовых затрат (200-500 рублей). Дафния – это живая система, на которую могут повлиять различные химические вещества и ее активная жизнедеятельность – показатель наличия химического загрязнения.

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

Выражаю благодарность:

- Сотрудникам лаборатории аналитической Института леса КарНЦ РАН за организацию в проведении инструментального исследования воды.
- Калинкиной Наталии Михайловне, доктору биологических наук, заведующей лабораторией гидробиологии ИВПС КарНЦ РАН, за оказанную помощь в предоставлении маточной культуры дафнии для биотестирования.
- Сидоровой Наталье Анатольевне, кандидату биологических наук, доценту кафедры неврологии, психиатрии и микробиологии медицинского института ПетрГУ за оказанную помощь в проведении и консультировании лабораторных исследований по бактериологическому анализу.

## 7. Источники информации

1. Александрова, В.В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод: Монография / В.В. Александрова. – Нижневартовск: НВГУ, 2013. – 105 с.
2. Бубнов, А.Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды. Учебно-методическое пособие / А.Г. Бубнов, С.А. Буймова, А.А. Гушин, Т.В. Извекова - Иваново, 2007. – 112с.
3. Вайник, А.М. Где воды напиться? / А.М. Вайник – Кондопога: газета «Авангард», 22.05.2009. С. 3.
4. Влияние pH воды на здоровье человека. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://voda.kr-company.ru/poleznaja-informacija/stat\\_i-o-vode/vliyanie\\_ph\\_vody\\_na\\_zdorove\\_cheloveka/](http://voda.kr-company.ru/poleznaja-informacija/stat_i-o-vode/vliyanie_ph_vody_na_zdorove_cheloveka/). Дата обращения: 27.10.2018
5. Влияние жесткой воды на организм. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.watermap.ru/blog\\_items/vliyanie-zhestkoi-vody-na-organizm](http://www.watermap.ru/blog_items/vliyanie-zhestkoi-vody-na-organizm). Дата обращения: 27.10.2018
6. Влияние магния на здоровье человека. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://belogorvoda.ru/o-vode/vliyanie-magniya-na-zdorovye-cheloveka/>. Дата обращения: 27.10.2018
7. Влияние хлоридов на свойства воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/hloridy/>. Дата обращения: 27.10.2018
8. Вода с большим количеством известняка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/answer/kach/file.htm>. Дата обращения: 27.10.2018
9. Всё о скважинах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rusbyr.ru/zhelezo-v-pitevoj-vode.html>. Дата обращения: 27.10.2018
10. Высоцкая, Р.У. Водные объекты города Петрозаводска: Учебное пособие / Р.У. Высоцкая, С.П. Гриппа - Петрозаводск, 2013. С. 38.
11. ГОСТ 18309-2014. Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ
12. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009522>
13. ГОСТ 31868-2012. Вода. Методы определения цветности
14. ГОСТ 31870-2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии.
15. ГОСТ Р 52708-2007. Вода. Метод определения химического потребления кислорода.
16. Дафнии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%84%D0%BD%D0%B8%D0%B8>. Дата обращения: 27.10.2018
17. Захарнев А. Вода, которую мы пьем / А.Захарнев – газета «Новая Кондопога», 16.05.2012. С.13.
18. Карельская Жемчужина – Карельская Жемчужина. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://karelianpearl.ru>. Дата обращения: 01.11.2018
19. Карта Петрозаводска. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://earth.google.com/web/@>. Дата обращения: 01.11.2018
20. Кондопога на карте. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.etomesto.ru/tut23702/>. Дата обращения: 01.11.2018
21. Леонтьевна,Е. Вода-водица... Как бы нам не заразиться / Е. Леонтьевна – газета «Авангард», 18.04.2012. С. 15.

22. Марганец в воде: нормы содержания и методы очистки. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://biokit.ru/video-instructions/marganets-v-vode/>. Дата обращения: 27.10.2018
23. Маюрова, М.В. Атлас-определитель пресноводных беспозвоночных Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / М.В. Маюрова. - Сургут: МБОУ ДО СЮН, 2016. – 79 с.
24. Мельников, В.Д. Водная микробиология. Учебно-методическое руководство для студентов биологического факультета / В.Д. Мельников, А.А. Жвачкина – Петрозаводск, 1975. – 100 с.
25. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bazanpa.ru/rosrybolovstvo-prikaz-n695-ot04082009-h1368174/metodicheskie-ukazaniia/prilozhenie2/4/4.2/>. Дата обращения: 27.10.2018
26. Натрий в воде. Влияние на организм. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://water2you.ru/articles/khimicheskie-elementy-v-vode-i-pokazateli-kachestva-vod/natriy-v-vode/>. Дата обращения: 27.10.2018
27. Нитраты в воде: причины появления, влияние на человека и эффективные способы борьбы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gidpovode.ru/polza/nitraty-v-vode.html>. Дата обращения: 27.10.2018
28. Орадовская, А.Е. Санитарная охрана водозаборов подземных вод / А.Е. Орадовская, Н.Н. Лапшин — М.: Недра, 1987. — 167 с.
29. Основные виды дафний. Размножение дафний. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.aqualover.ru/fauna/dafnia-main-sorts-dafnia-reproduction.html>
30. Основные задачи и принципы санитарно-микробиологического исследования воды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mibio.ru/contents.php?id=2514>. Дата обращения: 27.10.2018
31. Основные показатели качества воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vodeco.ru/general-water/osnovnie-pokazateli.html>. Дата обращения: 27.10.2018
32. Основные проблемы воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gostvoda.ru/problem-voda>. Дата обращения: 27.10.2018
33. Основные требования к качеству питьевой воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eco.bobrodobro.ru/9284>. Дата обращения: 27.10.2018
34. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97. Методические рекомендации по применению методики выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом
35. ПНД Ф 14.1:2:4.213-05. Методика выполнения измерений мутности питьевых, природных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по фармозину
36. Польза и вред мягкой воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nec-group.ru/polza-i-vred-mjagkoj-vody.html>. Дата обращения: 27.10.2018
37. Польза калия и содержание в продуктах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://razvitetela.ru/polza-kaliya-i-soderzhanie-v-produktakh/>. Дата обращения: 27.10.2018
38. РД 52.24.361-2008. массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом
39. РД 52.24.367-2010. Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом

40. РД 52.24.381-2006. Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса.
41. РД 52.24.394-2012. Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений потенциометрическим методом с ионселективными электродами.
42. Рябухина, Е.В. Биотестирование. Биологические методы определения токсичности водной среды: методические указания / Е.В. Рябухина, С.Л. Зарубин. – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 64 с.
43. 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
44. Семенов, А.Д. Методические указания к практикуму «Анализ объектов окружающей среды». Определение органических веществ в природных водах. Часть 3. / А.Д. Семенов, М.М. Евстифеев, Ю.М. Гаврилко, Е.М. Циганков – Ростов-на-Дону, 2001. С. 4.
45. Терехова, В.А. Биотест - системы для задач экологического контроля. Методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест – культур / В.А. Терехова [и д.р.] - М.: Доброе слово, 2014. С. 11.
46. Фосфаты в воде. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://magictemple.ru/fosfaty-v-vode/>. Дата обращения: 27.10.2018
47. 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.
48. Цветность и мутность воды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.eurolab.ua/encyclopedia/3863/34999/>. Дата обращения: 27.10.2018
49. Что нужно знать о воде. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://m9dom.narod.ru/woda.html>. Дата обращения: 27.10.2018

## 8. Приложение

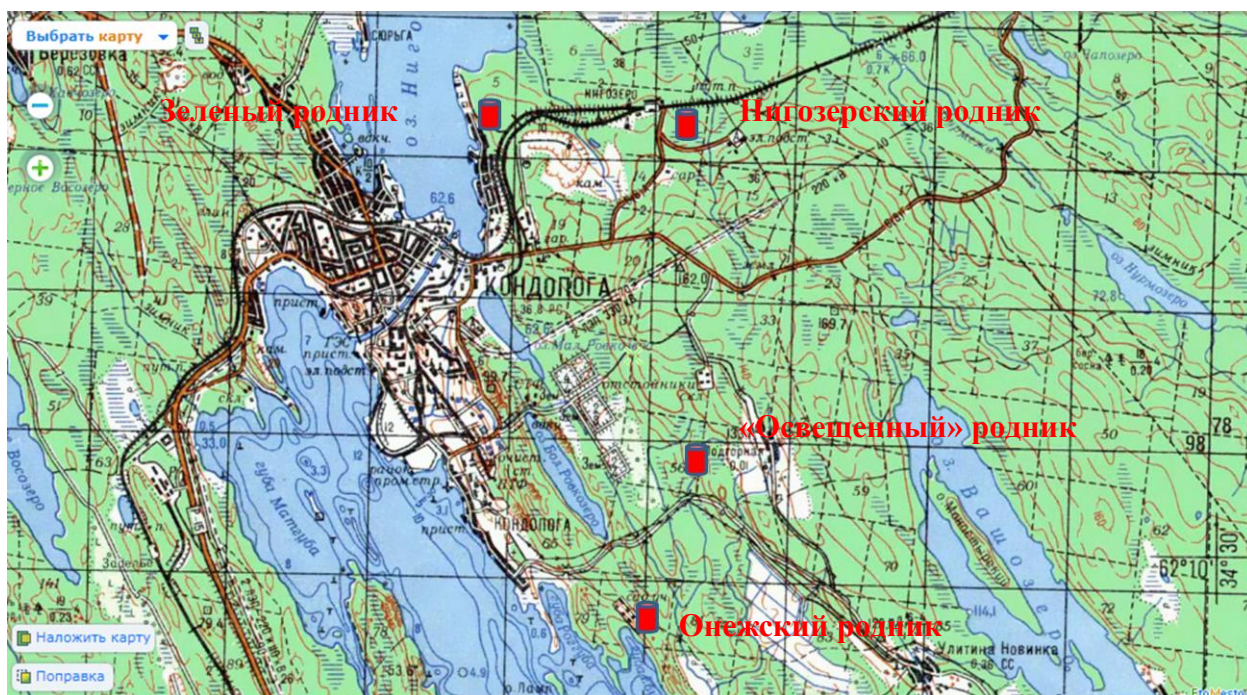


Рис. 1. Места забора воды для исследования в Кондопожском районе [20].



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



Рис.3. Обзор СМИ



Рис.4. Ручей на ст. Нигозеро, вытекающий по направлению склона

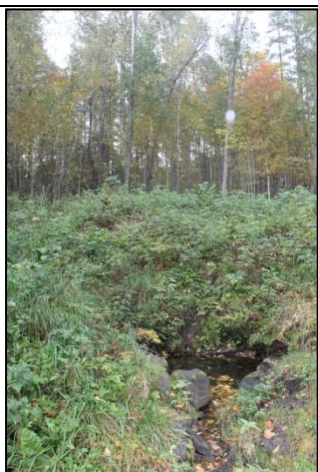


Рис.5. «Освященный» родник



Рис.6. Родник, расположенный на ул.Зеленой



Рис.7. Родник в кооперативе «Онего-2»



Рис.8. Определение мутности спектрофотометрическим методом



Рис.9. Определение бихроматной окисляемости спектрофотометрическим методом

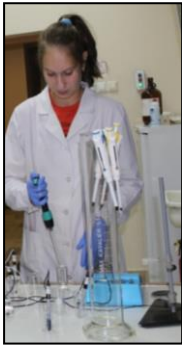


Рис.10. Определение аммонийного азота потенциометрическим методом



Рис.11. Определение нитратов потенциометрическим методом



Рис.12. Определение хлоридов потенциометрическим методом



Рис.13. Определение металлов атомно-эмиссионным и атомно-абсорбционным методами



Рис.14. Определение pH потенциометрическим методом



Рис.15. *Ceriodaphnia affinis*



Рис.16. 10 параллельных серий исследуемых вод

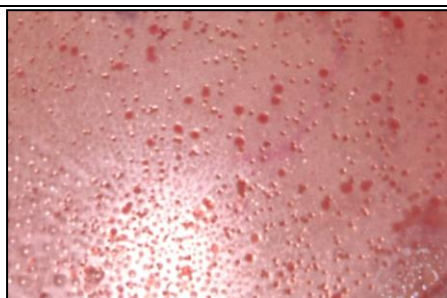


Рис.17. Высокая плотность клеток в «Карельской Жемчужине»



Рис.18. Споровые формы *Bacillus* 31.08.2017 в нигозерском роднике

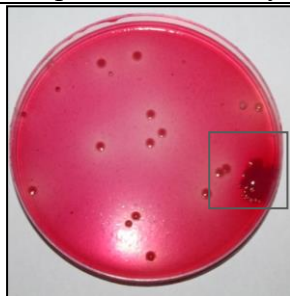


Рис.19. Споровые формы *Bacillus* 31.12.2017 в нигозерском роднике



Рис.20. Колония низших микроскопических грибов 31.08.2017 в «Освященном» роднике.



Рис.21. Колония бактерий р. *Bacillus* на МПА

Табл.1. Химические данные источников в Нигозерском роднике.

Показатель \ Дата	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,004	0,009	0,017	менее 0,1 мкг/л	0,003	0,143	0,017	3мг/л
С	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
рН	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
Са	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
К	0,200	0,770	0,870	1,758	0,705	0,428	1,356	12мг/л
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,003	4,742	10,615	2,041	1,600	0,739	2,100	45 мг/л
Cl <sup>-</sup>	3,752	2,668	4,344	0,510	3,600	9,653	2,600	350мг/л
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,137	2,175	0,169	0,995	2,600	0,025	0,020	2мг/л
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	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.2. Химические данные источников в Освященном роднике.

Показатель \ Дата	05.08.2017	03.11.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,003	0,040	менее 0,1 мкг/л	0,021	0,0187	0,011	3мг/л
С	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
рН	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
Са	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
К	0,268	0,790	2,694	0,997	0,490	1,617	12мг/л
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,002	4,150	4,250	13,100	2,414	3,600	45 мг/л
Cl <sup>-</sup>	4,329	3,076	0,397	4,000	8,266	2,100	350мг/л

<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0,129	1,644	0,844	<b>2,600</b>	0,002	0,004	<b>2мг/л</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,259	0,381	0,120	0,271	0,319	0,432	<b>3,5мг/л</b>
<b>Жесткость</b>	2,871	0,902	1,609	1,307	0,682	1,949	<b>7(10) мг-экв/л</b>

Табл.3. Химические данные источников в Зеленом роднике.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0,024	0,006	0,015	менее 0,1 мкг/л	0,007	0,032	0,010	<b>3мг/л</b>
<b>С</b>	15,442	18,144	25,528	16,583	менее 10 мг/л	<b>43,778</b>	15,622	<b>30мг/л</b>
<b>Мутность</b>	2,449	1,090	3,349	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	менее 0,1 мг/л	0,869	<b>3,5мг/л</b>
<b>pH</b>	6,630	6,680	6,620	6,700	6,910	6,980	7,035	<b>6...9</b>
<b>Цветность</b>	22,030	9,923	<b>30,663</b>	менее 0.05 градусов	14,108	<b>52,509</b>	2,954	<b>30градусов</b>
<b>Ca</b>	81,246	20,400	9,700	30,363	26,680	41,851	34,850	<b>140мг/л</b>
<b>Na</b>	5,449	9,710	5,500	8,327	7,490	7,235	14,420	<b>200мг/л</b>
<b>Mg</b>	6,323	6,900	6,520	5,553	7,050	8,970	5,491	<b>85мг/л</b>
<b>К</b>	0,418	1,490	1,180	2,381	1,474	1,502	2,754	<b>12мг/л</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0,014	21,497	41,238	25,969	13,100	<b>125,500</b>	27,5	<b>45 мг/л</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	5,137	4,322	4,660	0,772	5,000	12,880	3,500	<b>350мг/л</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0,143	1,428	0,155	1,173	<b>2,600</b>	0,003	0,040	<b>2мг/л</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,193	0,216	0,099	0,143	0,077	0,372	0,408	<b>3,5мг/л</b>
<b>Жесткость</b>	4,503	1,567	1,012	1,945	1,888	1,395	2,516	<b>7(10) мг-экв/л</b>

Табл.4. Химические данные источников в Онежском роднике.

Дата Показатель	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0,003	0,024	0,001	менее 0,1 мкг/л	0,006	0,007	0,016	<b>3мг/л</b>
<b>С</b>	27,509	19,104	<b>33,933</b>	15,863	менее 10 мг/л	20,305	менее 10 мг/л	<b>30мг/л</b>
<b>Мутность</b>	2,433	<b>4,108</b>	<b>4,361</b>	менее 0,1 мг/л	<b>4,771</b>	менее 0,1 мг/л	2,781	<b>3,5мг/л</b>
<b>pH</b>	6,590	6,760	6,555	6,590	6,710	6,840	7,095	<b>6...9</b>
<b>Цветность</b>	17,118	<b>56,265</b>	<b>49,120</b>	менее 0.05 градусов	<b>50,421</b>	<b>39,216</b>	23,224	<b>30градусов</b>
<b>Ca</b>	70,195	10,000	5,720	33,874	13,450	19,728	32,742	<b>140мг/л</b>
<b>Na</b>	5,605	10,490	6,320	10,519	8,670	8,089	15,766	<b>200мг/л</b>

Показатель \ Дата	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
<b>Mg</b>	21,212	16,700	18,050	18,123	18,350	22,837	30,184	<b>85мг/л</b>
<b>К</b>	0,657	1,900	1,730	2,729	2,219	2,169	3,684	<b>12мг/л</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0,002	40,090	<b>87,251</b>	25,969	34,300	<b>192,000</b>	43,900	<b>45 мг/л</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	8,063	6,149	7,065	0,772	7,200	18,130	6,200	<b>350мг/л</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0,143	1,077	0,169	0,995	0,300	0,001	0,015	<b>2мг/л</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,338	0,455	0,084	0,101	0,152	0,188	0,656	<b>3,5мг/л</b>
<b>Жесткость</b>	5,185	1,864	1,765	3,151	2,168	1,423	4,243	<b>7(10) мг-экв/л</b>

Табл.5. Химические данные источников в роднике на ул.Вольной.

Показатель \ Дата	05.08.2017	03.11.2017	28.12.2017	14.06.2018	25.07.2018	31.08.2018	11.09.2018	ПДК
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0,001	0,023	0,027	0,007	0,001	0,016	0,007	<b>3мг/л</b>
<b>С</b>	13,231	15,863	17,243	15,442	10,000	22,106	15,803	<b>30мг/л</b>
<b>Мутность</b>	2,102	<b>4,440</b>	0,032	0,100	0,100	2,939	<b>6,493</b>	<b>3,5мг/л</b>
<b>pH</b>	6,612	6,800	6,555	6,650	6,660	6,800	6,655	<b>6...9</b>
<b>Цветность</b>	5,032	<b>49,418</b>	<b>40,090</b>	4,664	3,820	<b>52,916</b>	27,451	<b>30градусов</b>
<b>Ca</b>	18,321	1,600	9,270	33,744	18,590	36,255	34,569	<b>140мг/л</b>
<b>Na</b>	23,143	54,100	31,350	25,613	33,920	19,877	30,876	<b>200мг/л</b>
<b>Mg</b>	7,512	9,100	9,380	9,446	10,620	10,958	8,319	<b>85мг/л</b>
<b>К</b>	2,685	3,740	4,860	5,674	5,080	5,944	7,628	<b>12мг/л</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	21,035	36,437	<b>108,181</b>	24,117	<b>49,800</b>	<b>249,500</b>	42,300	<b>45 мг/л</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	12,762	14,503	13,525	1,257	11,800	30,700	13,300	<b>350мг/л</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	1,987	0,221	0,169	0,844	<b>8,300</b>	0,001	0,005	<b>2мг/л</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,510	0,420	0,129	0,054	0,285	0,464	0,460	<b>3,5мг/л</b>
<b>Жесткость</b>	1,048	0,827	1,226	2,431	1,785	1,339	2,611	<b>7(10) мг-экв/л</b>

Табл.6. Химические данные источников в водопроводной воде.

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 <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,003	0,029	0,003	менее 0,1 мкг/л	0,029	0,026	0,013	3мг/л
С	18,264	17,904	<b>36,094</b>	15,743	менее 10 мг/л	19,945	23,667	30мг/л
Мутность	2,165	<b>4,187</b>	<b>6,841</b>	1,217	2,165	1,580	<b>6,067</b>	3,5мг/л
рН	6,430	7,120	6,965	6,490	6,270	6,170	5,550	6...9
Цветность	<b>62,913</b>	<b>93,625</b>	<b>89,259</b>	<b>32,846</b>	<b>47,671</b>	<b>105,476</b>	<b>36,160</b>	30градусов
Са	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
К	0,112	0,460	0,540	0,742	0,268	менее 5 мкг/л	0,800	12мг/л
Fe	<b>0,318</b>	0,037	<b>0,330</b>	<b>0,367</b>	<b>0,326</b>	<b>0,344</b>	<b>0,327</b>	0,3 мг/л
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,002	7,546	15,817	6,768	1,800	7,340	1,500	45 мг/л
Cl <sup>-</sup>	7,259	6,817	8,223	0,772	7,200	16,680	4,100	350мг/л
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,116	0,934	0,155	0,777	0,300	0,003	менее 0,1 мкг/л	2мг/л
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	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.7. Химические данные источников в «Карельской Жемчужине»

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 <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,003	0,008	0,029	менее 0,1 мкг/л	0,011	0,037	0,012	3мг/л
С	20,545	27,509	<b>60,048</b>	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
рН	7,920	7,850	7,990	8,110	8,220	8,120	8,370	6...9
Цветность	<b>39,594</b>	<b>36,517</b>	18,209	6,450	5,246	<b>72,168</b>	5,959	30градусов
Са	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
К	1,058	3,180	4,140	<b>43,156</b>	4,230	4,744	6,248	12мг/л
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,063	20,233	16,325	5,534	1,900	6,103	3,600	45 мг/л

Cl <sup>-</sup>	6,407	4,774	5,650	0,906	5,200	16,150	3,200	<b>350</b> мг/л
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,165	<b>2,500</b>	0,169	1,173	0,800	0,003	<b>6,500</b>	<b>2</b> мг/л
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,275	0,414	0,124	0,156	0,021	0,278	0,465	<b>3,5</b> мг/л
<b>Жесткость</b>	3,637	4,539	2,315	4,029	2,933	1,745	3,545	<b>7(10)</b> мг-экв/л

Табл. 8. Влияние кипячения на физико-химические показатели источников

Источники По-казатель	Карельская Жемчужина		Нигозерская		Освященная		Зеленая		Онежская		Водопроводная		Вольная		ПДК
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,012	менее 0,1 мкг/л	0,017	0,035	0,011	0,017	0,010	0,011	0,016	0,004	0,013	0,011	0,037	0,033	<b>3</b> мг/л
С	11,960	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	26,969	11,900	15,622	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	17,904	23,667	<b>32,132</b>	24,508	25,588	<b>30</b> мг/л
Мутность	2,101	0,474	<b>7,252</b>	0,205	<b>4,503</b>	<b>4,550</b>	0,869	1,232	2,781	2,433	<b>6,067</b>	2,686	2,575	0,790	<b>3,5</b> мг/л
рН	8,370	9,265	6,695	8,415	7,100	8,685	7,035	8,935	7,095	8,535	5,550	5,630	6,825	7,755	<b>6...9</b>
Цветность	5,959	12,427	9,320	8,047	0,611	12,936	2,954	3,820	23,224	17,520	<b>36,160</b>	<b>62,288</b>	26,891	<b>32,392</b>	<b>30</b> градусов
Са	23,468	23,608	12,788	16,582	24,170	22,343	34,850	34,850	32,742	40,612	3,654	14,193	36,700	39,600	<b>140</b> мг/л
Na	24,805	28,392	2,104	3,933	34,740	4,933	14,420	11,212	15,766	23,011	1,311	2,104	155,400	167,800	<b>200</b> мг/л
К	6,248	6,509	1,356	1,457	1,617	1,646	2,754	2,843	3,684	3,708	0,800	0,770	6,000	4,700	<b>12</b> мг/л
Fe	0,020	0,041	0,015	0,013	0,032	0,041	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	<b>0,327</b>	<b>0,355</b>	менее 5 мкг/л	менее 5 мкг/л	<b>0,3</b> мг/л
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,600	13,100	2,100	3,400	3,600	7,600	27,500	44,800	43,900	48,200	1,500	1,300	34,980	55,650	<b>45</b> мг/л
Cl <sup>-</sup>	3,200	3,800	2,600	2,800	2,100	2,700	3,500	4,300	6,200	6,400	4,100	4,200	20,100	25,270	<b>350</b> мг/л

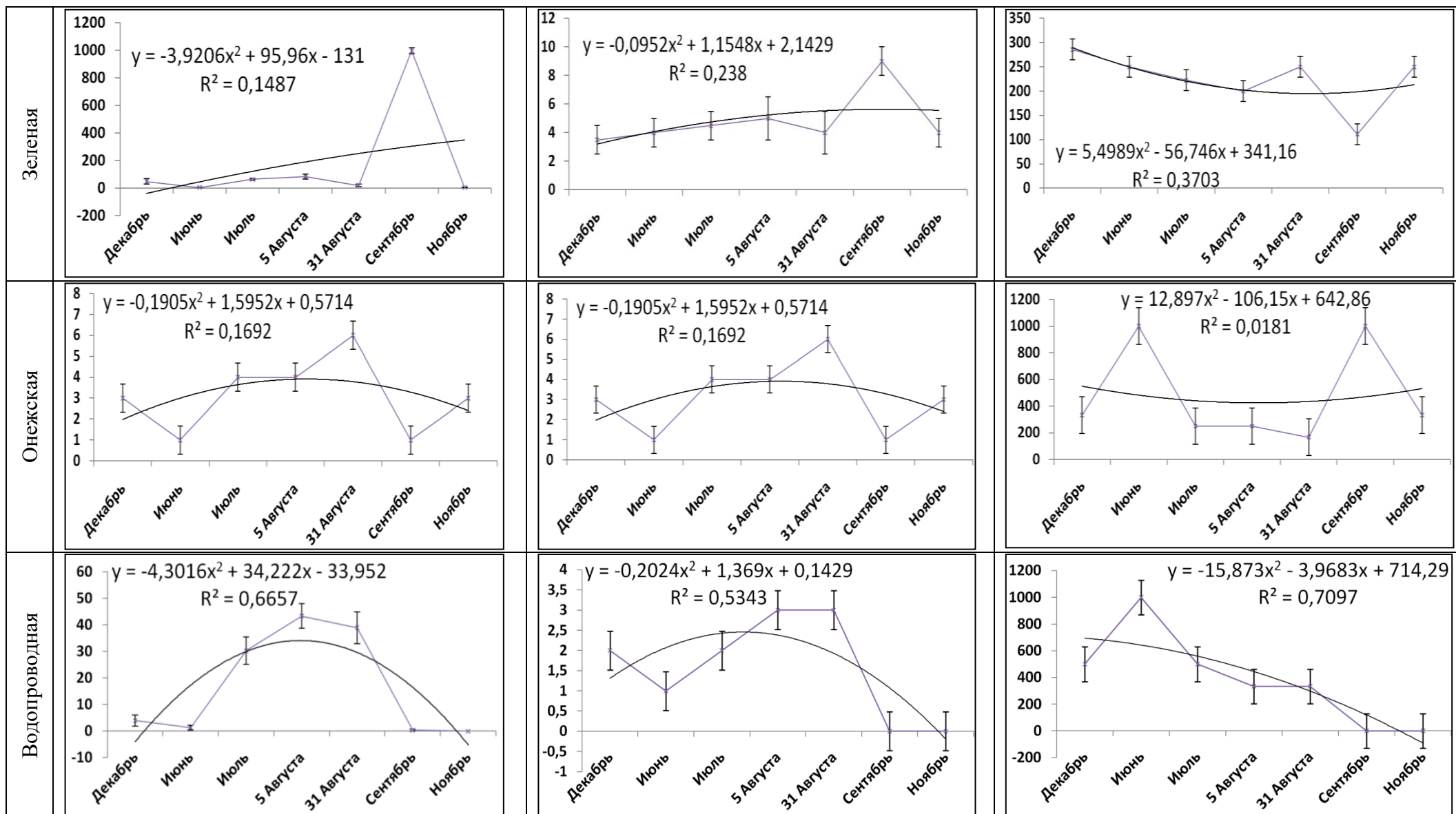
Источник Показатель	Карельская Жемчужина		Нигозерская		Освященная		Зеленая		Онежская		Водопроводная		Вольная		ПДК
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>6,500</b>	0,004	0,020	0,005	0,004	0,001	0,040	0,030	0,015	0,001	менее 0,1 мкг/л	менее 0,1 мкг/л	0,112	0,184	<b>2мг/л</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,465	0,208	0,336	0,377	0,432	0,552	0,408	0,243	0,656	0,604	0,483	0,391	0,158	0,186	<b>3,5мг/л</b>

Табл.9. Влияние погодных условий на химический состав воды

Источник Показатель	Карельская Жемчужина	Нигозерская	Освященная	Зеленая	Онежская	Водопроводная	Вольная	ПДК
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	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	<b>3мг/л</b>
<b>C</b>	14,302	15,142	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	менее 10 мг/л	14,182	менее 10 мг/л	<b>30мг/л</b>
<b>Мутность</b>	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	<b>3,5мг/л</b>
<b>pH</b>	8,150	6,460	6,700	6,700	6,620	6,180	6,580	<b>6...9</b>
<b>Цветность</b>	2,878	22,476	17,068	17,068	<b>39,742</b>	<b>57,108</b>	8,087	<b>30градусов</b>
<b>Ca</b>	6,931	3,272	8,844	8,844	7,508	1,958	11,087	<b>140мг/л</b>
<b>Na</b>	30,620	3,555	2,757	2,757	17,920	2,135	3,014	<b>200мг/л</b>
<b>Mg</b>	23,562	3,154	3,550	3,550	13,350	0,950	4,655	<b>85мг/л</b>
<b>K</b>	5,563	1,769	1,582	1,582	1,189	1,189	4,733	<b>12мг/л</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0,182	0,153	0,247	0,247	2,395	0,301	2,834	<b>45 мг/л</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	5,728	2,404	2,404	2,404	7,110	6,043	10,507	<b>350мг/л</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>2,205</b>	<b>2,020</b>	<b>2,078</b>	<b>2,078</b>	1,536	1,903	<b>2,205</b>	<b>2мг/л</b>
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,152	менее 0,1 мкг/л	0,139	0,139	менее 0,1 мкг/л	0,009	0,116	<b>3,5мг/л</b>
<b>Жесткость</b>	2,277	0,420	0,726	0,726	1,466	0,174	0,926	<b>7(10) мг-экв/л</b>

Табл. 10. Зависимость *Coli T*, *Coli Ind* и ОМЧ

	ОМЧ	<i>Coli Ind</i>	<i>Coli T</i>
Карельская Жемчужина	<p><math>y = 71,929x^2 - 878,26x + 2773,5</math> <math>R^2 = 0,9657</math></p>		
Нигозерская	<p><math>y = -4,5198x^2 + 41,266x - 37,476</math> <math>R^2 = 0,3436</math></p>	<p><math>y = -1,369x^2 + 14,988x - 6,5714</math> <math>R^2 = 0,567</math></p>	<p><math>y = 0,7139x^2 - 4,0761x + 29</math> <math>R^2 = 0,1281</math></p>
Освященная	<p><math>y = 2,9345x^2 - 37,865x + 120,3</math> <math>R^2 = 0,9908</math></p>	<p><math>y = 0,125x^2 - 3,1893x + 14,1</math> <math>R^2 = 0,974</math></p>	<p><math>y = -23,877x^2 + 145,82x - 42,803</math> <math>R^2 = 0,6159</math></p>



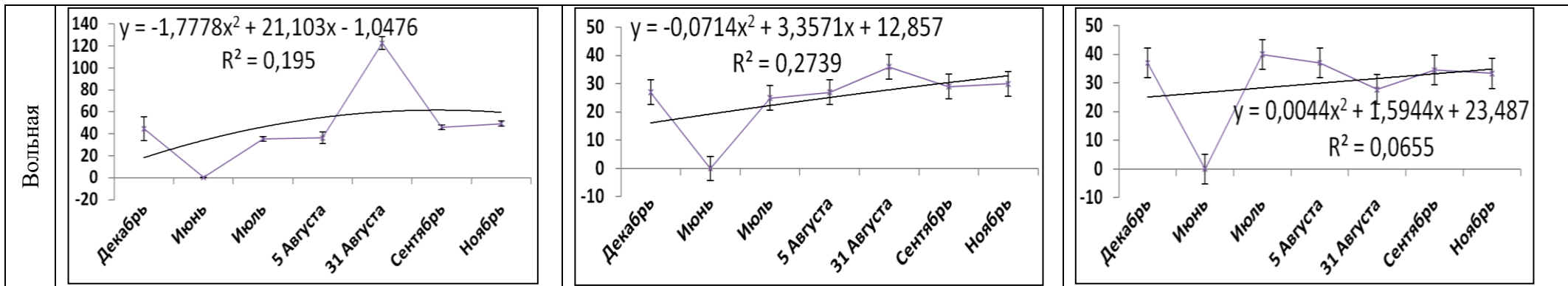
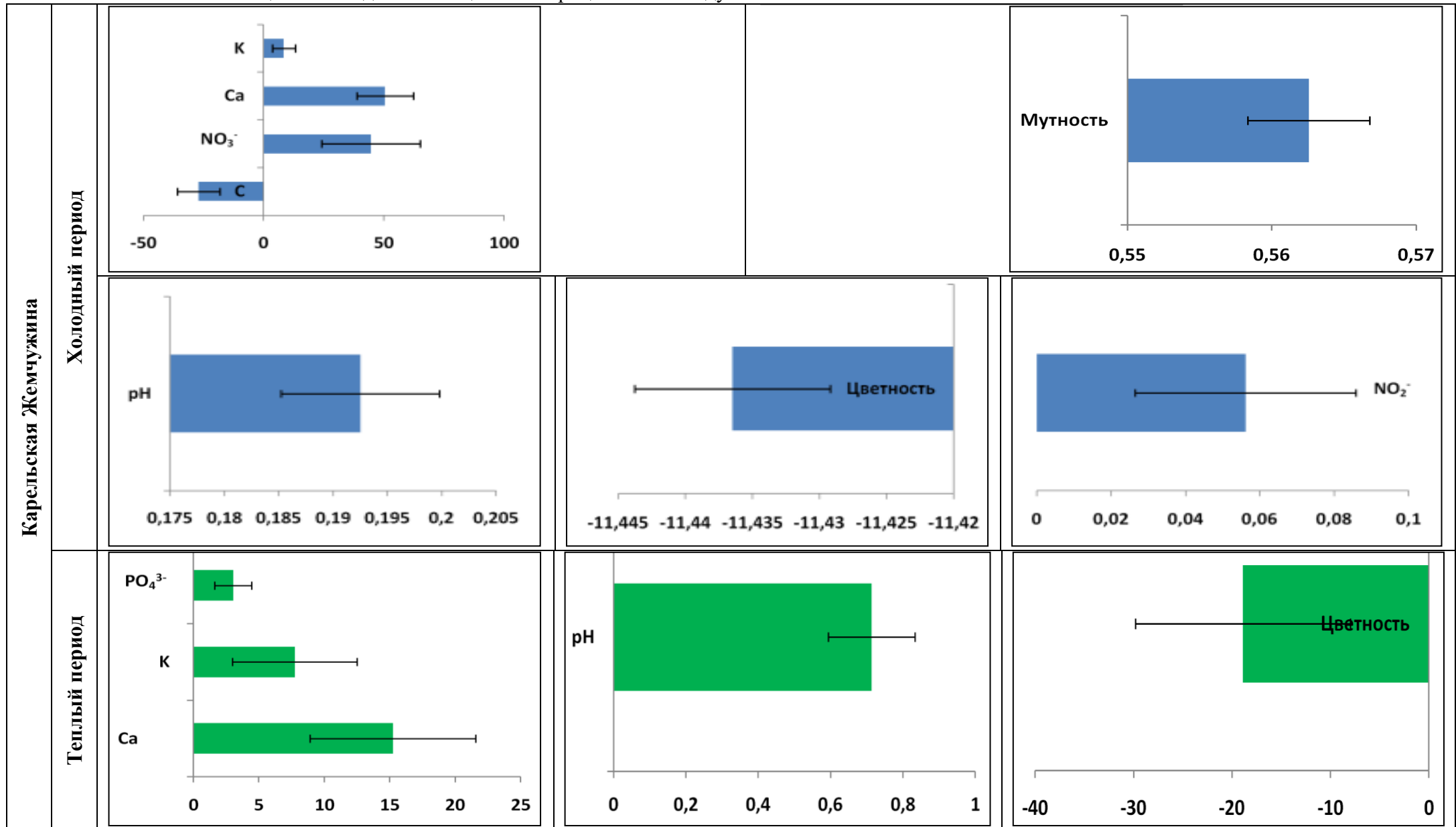
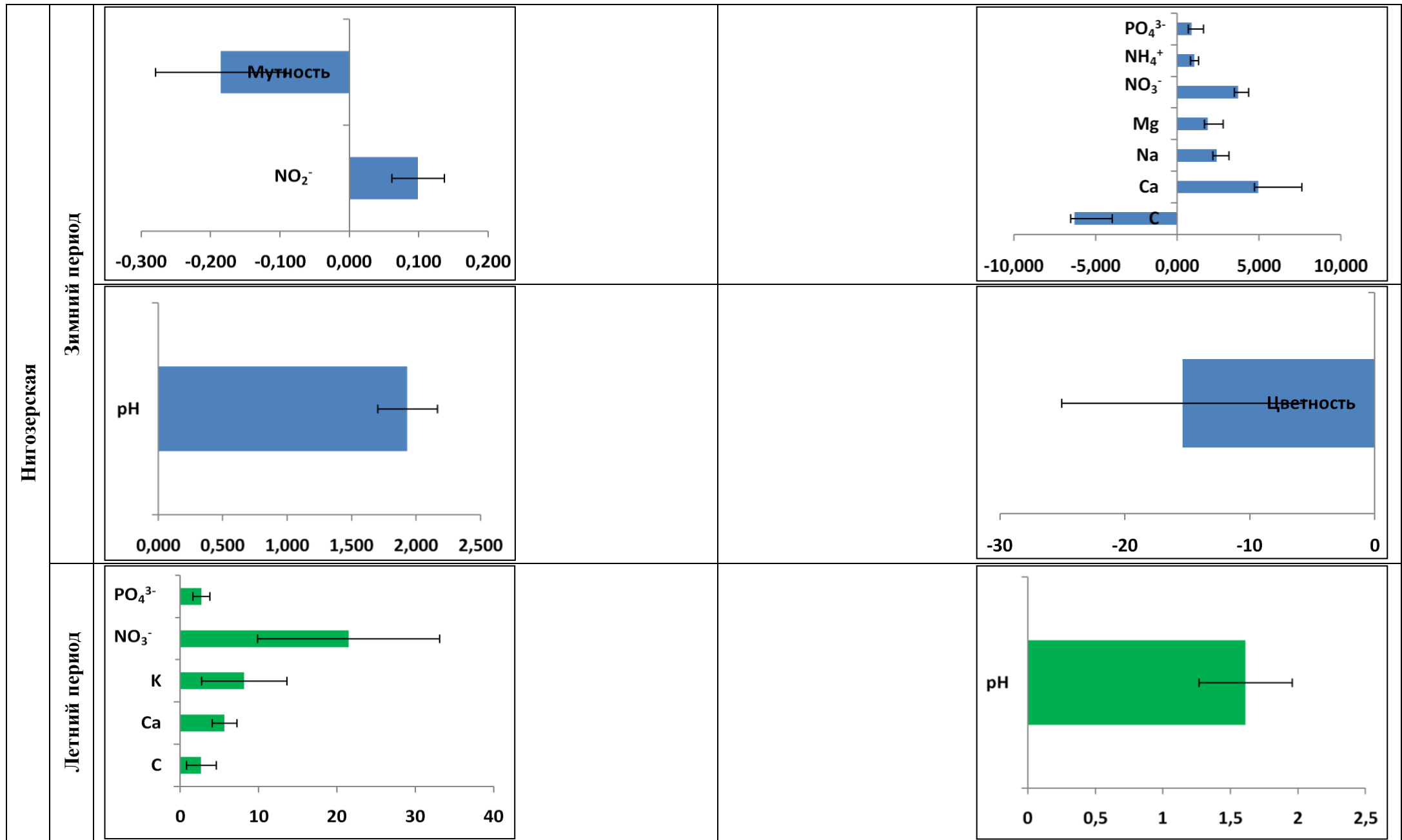


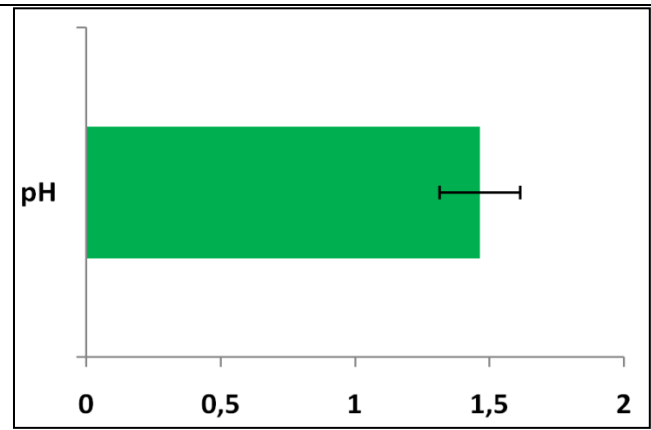
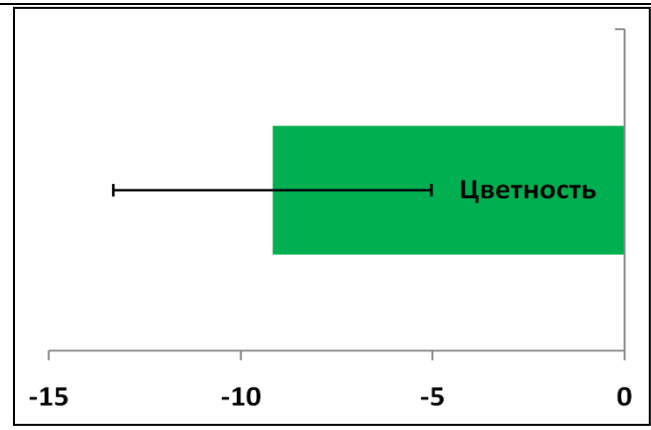
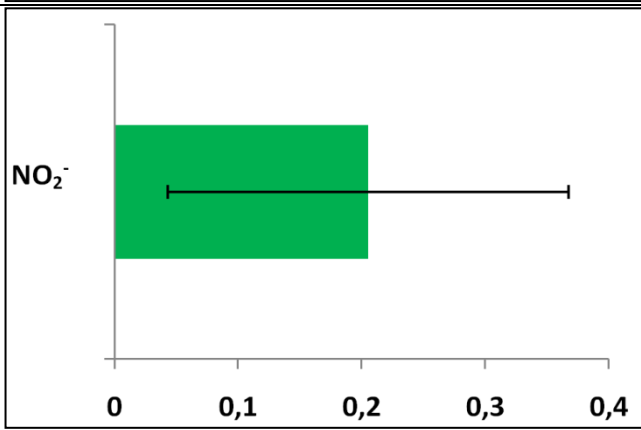
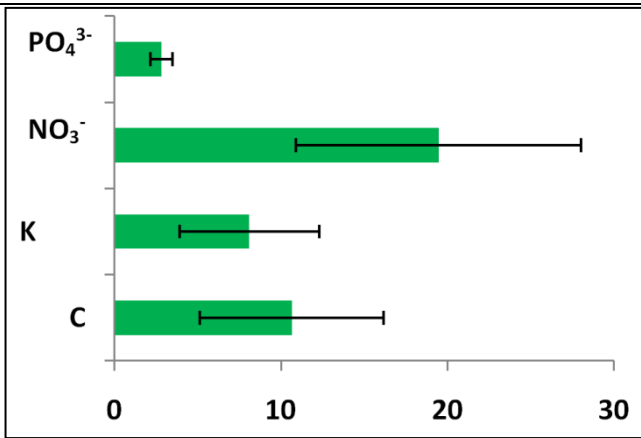
Табл.10. Ассимиляционные и диссимиляционные процессы в исследуемых источниках.

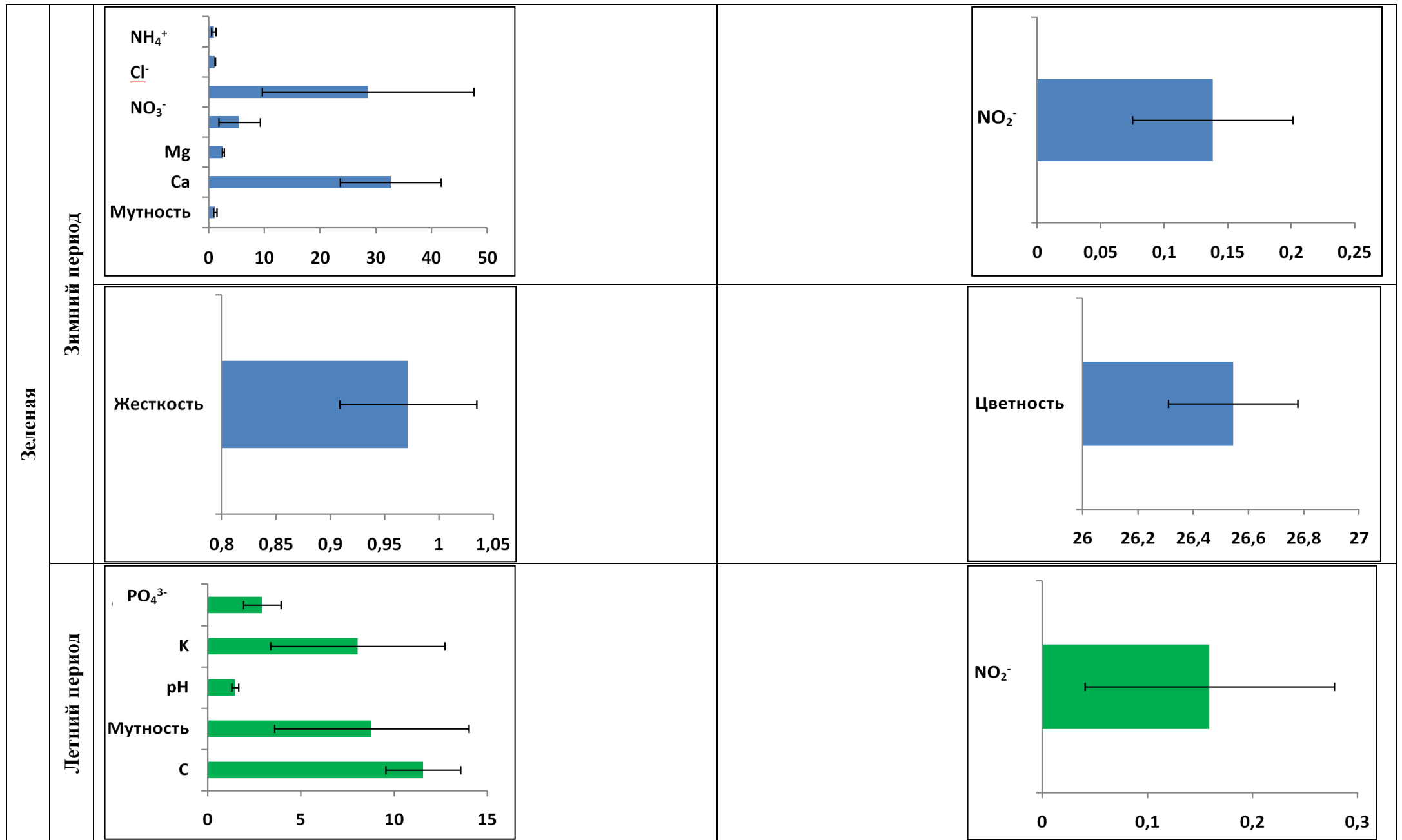


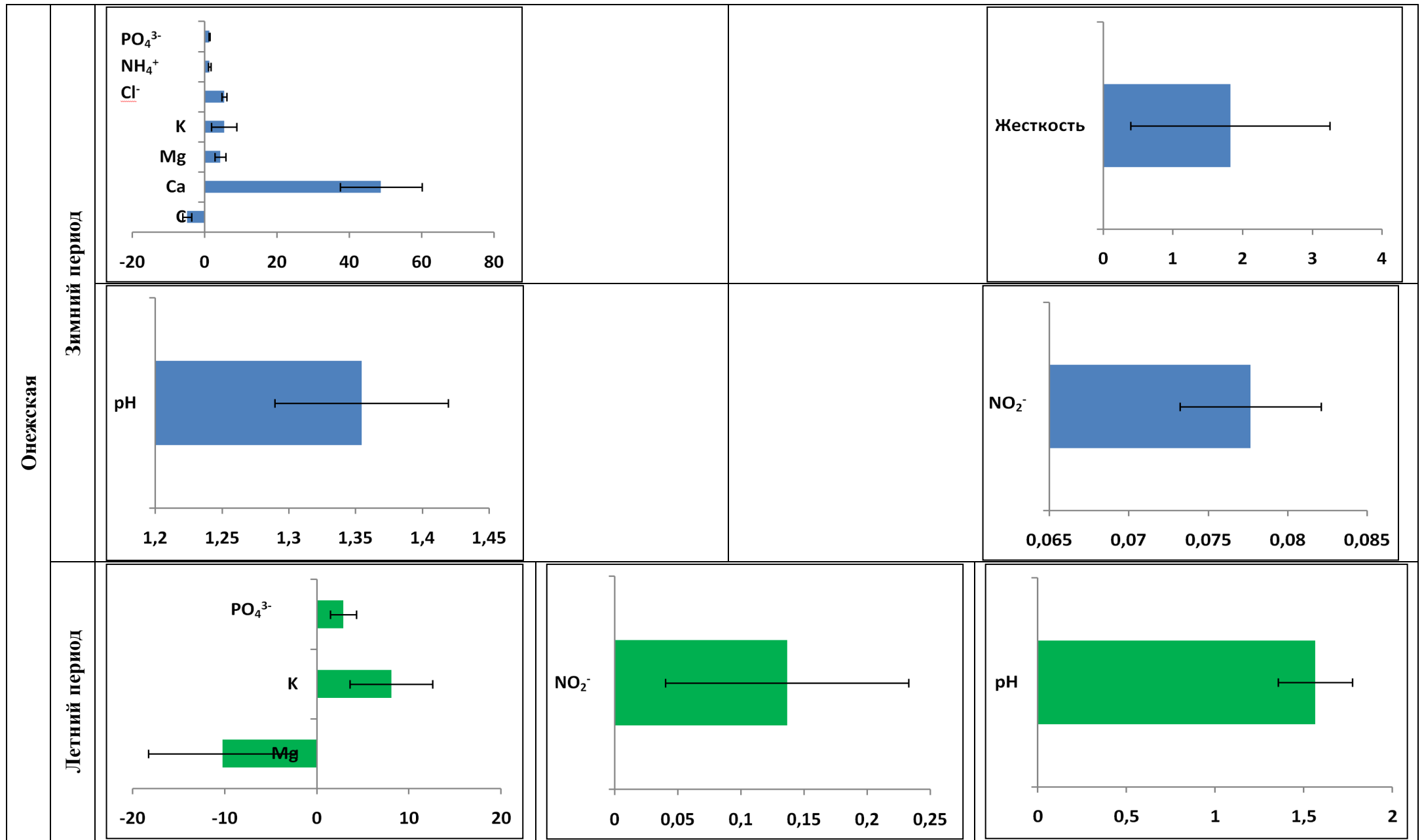


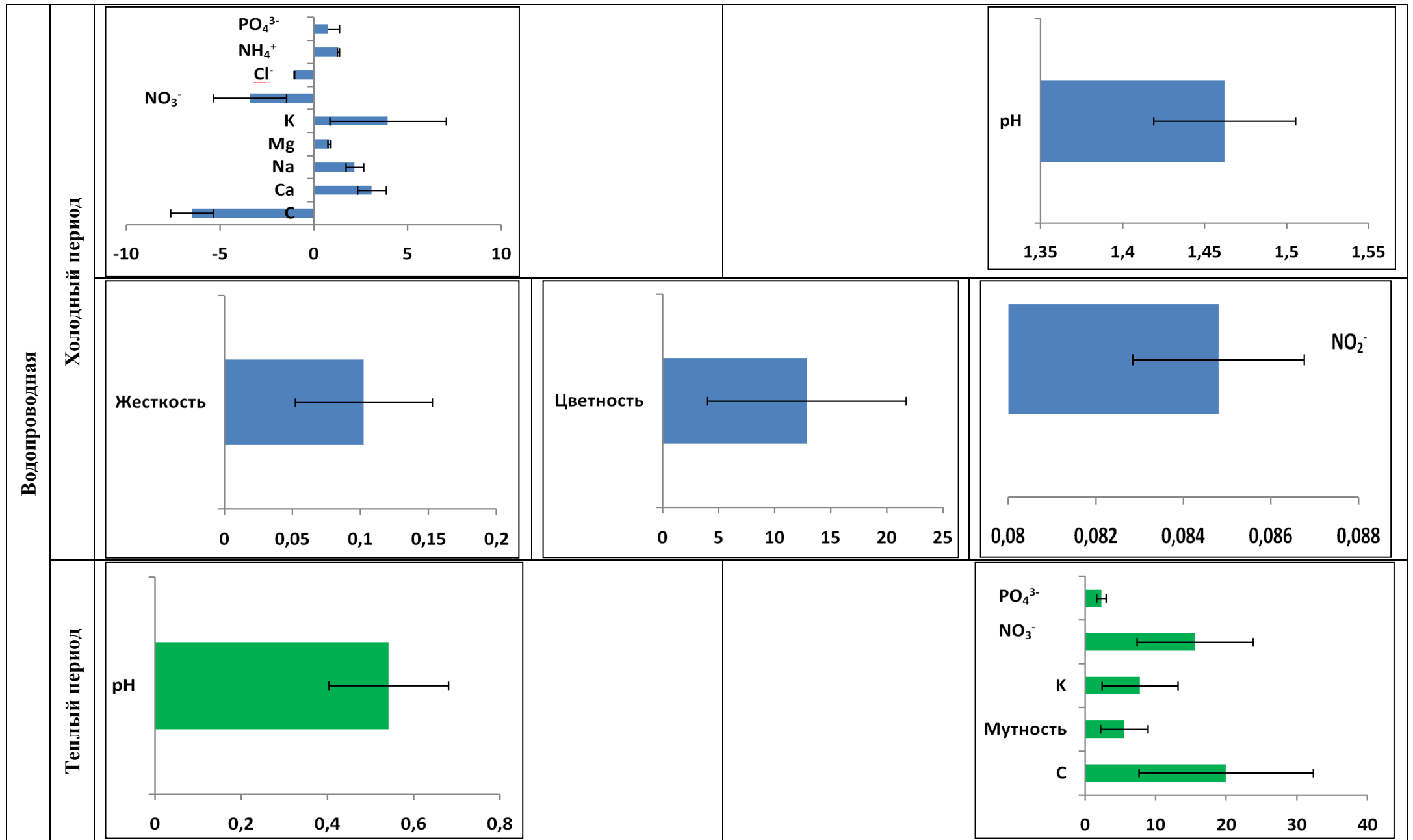
Освященная

Летний период



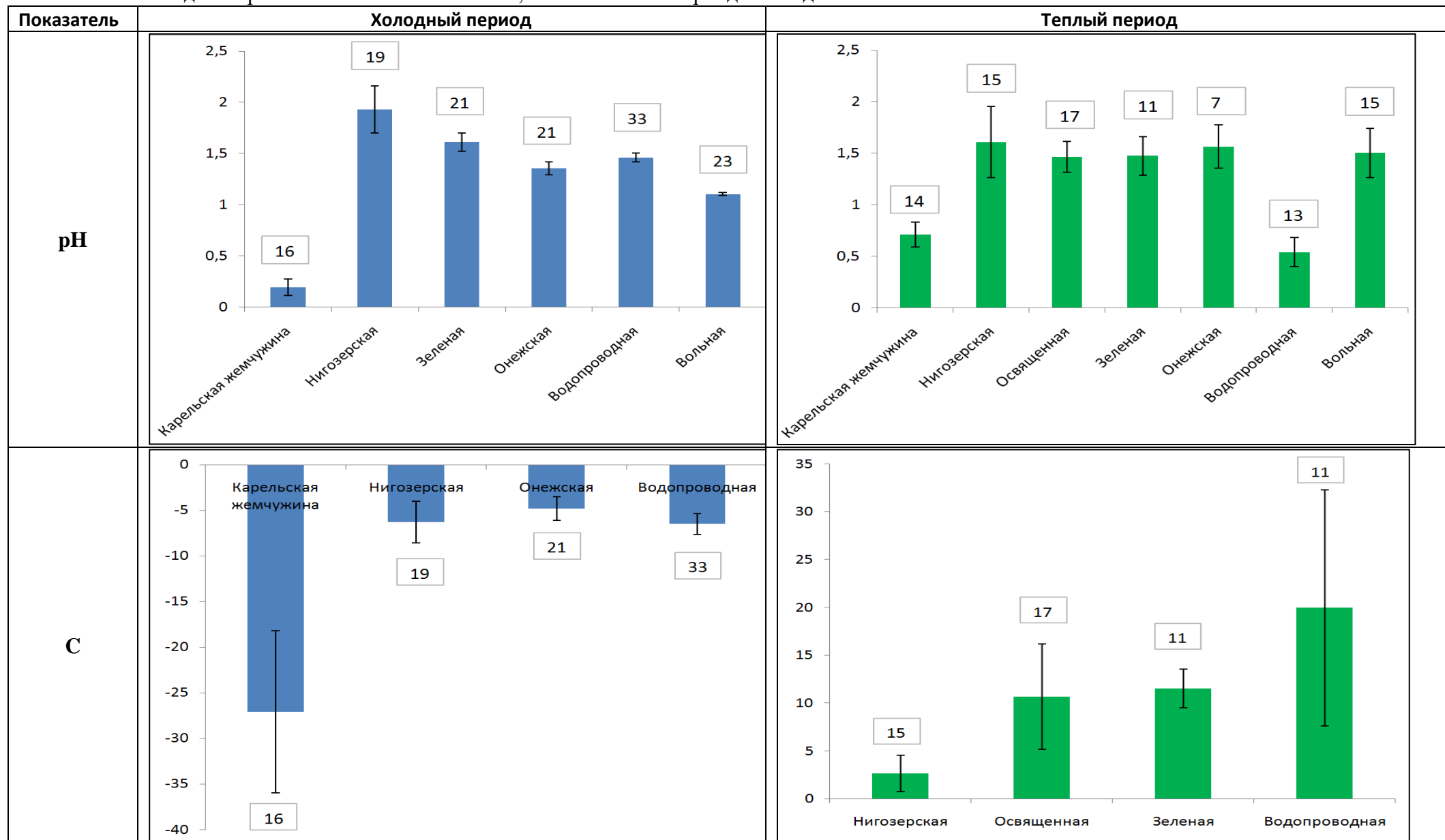




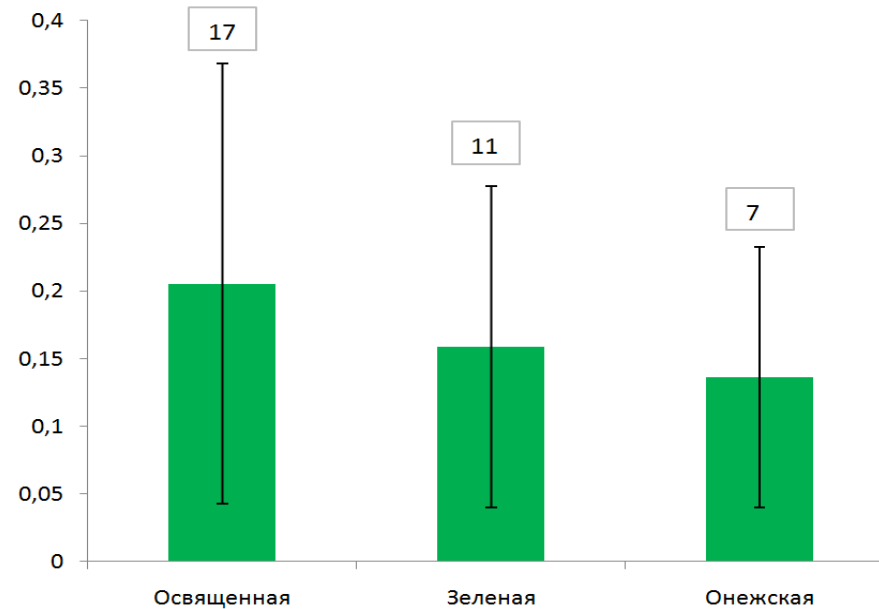
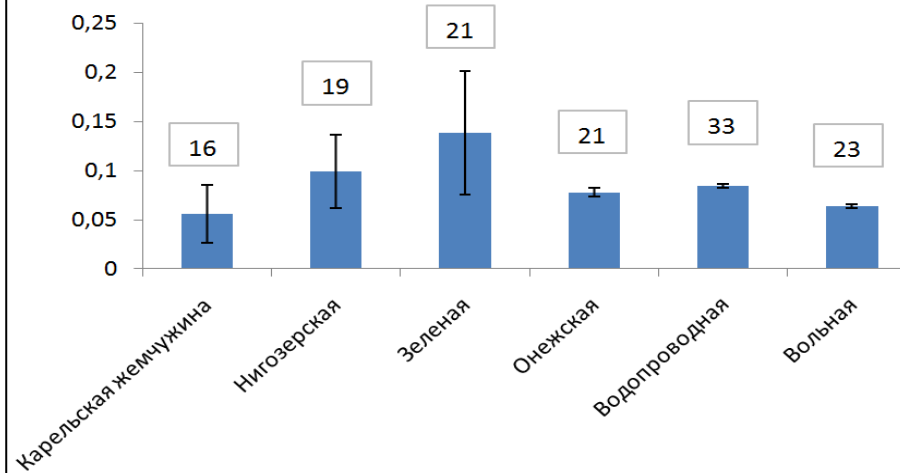


Вольная	Зимний период	<table border="1"> <caption>Winter Period Concentrations</caption> <thead> <tr><th>Parameter</th><th>Concentration</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>K</td><td>~10</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>~5</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>~60</td></tr> <tr><td>Cl<sup>-</sup></td><td>~25</td></tr> <tr><td>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></td><td>~10</td></tr> <tr><td>Мутность</td><td>~10</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Concentration	K	~10	Mg	~5	Ca	~60	Cl <sup>-</sup>	~25	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	~10	Мутность	~10			<table border="1"> <caption>Winter Period Hardness</caption> <thead> <tr><th>Parameter</th><th>Concentration</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Жесткость</td><td>~2.5</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Concentration	Жесткость	~2.5
	Parameter	Concentration																					
	K	~10																					
Mg	~5																						
Ca	~60																						
Cl <sup>-</sup>	~25																						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	~10																						
Мутность	~10																						
Parameter	Concentration																						
Жесткость	~2.5																						
Летний период	<table border="1"> <caption>Summer Period Concentrations</caption> <thead> <tr><th>Parameter</th><th>Concentration</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></td><td>~2</td></tr> <tr><td>Cl<sup>-</sup></td><td>~5</td></tr> <tr><td>K</td><td>~8</td></tr> <tr><td>Na</td><td>~15</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>~15</td></tr> <tr><td>Мутность</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Concentration	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	~2	Cl <sup>-</sup>	~5	K	~8	Na	~15	Ca	~15	Мутность	~5			<table border="1"> <caption>Summer Period pH</caption> <thead> <tr><th>Parameter</th><th>Concentration</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>pH</td><td>~1.5</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Concentration	pH	~1.5	
Parameter	Concentration																						
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	~2																						
Cl <sup>-</sup>	~5																						
K	~8																						
Na	~15																						
Ca	~15																						
Мутность	~5																						
Parameter	Concentration																						
pH	~1.5																						
	<table border="1"> <caption>Winter Period pH</caption> <thead> <tr><th>Parameter</th><th>Concentration</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>pH</td><td>~1.09</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Concentration	pH	~1.09			<table border="1"> <caption>Winter Period NO2-</caption> <thead> <tr><th>Parameter</th><th>Concentration</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></td><td>~0.063</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Concentration	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	~0.063											
Parameter	Concentration																						
pH	~1.09																						
Parameter	Concentration																						
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	~0.063																						

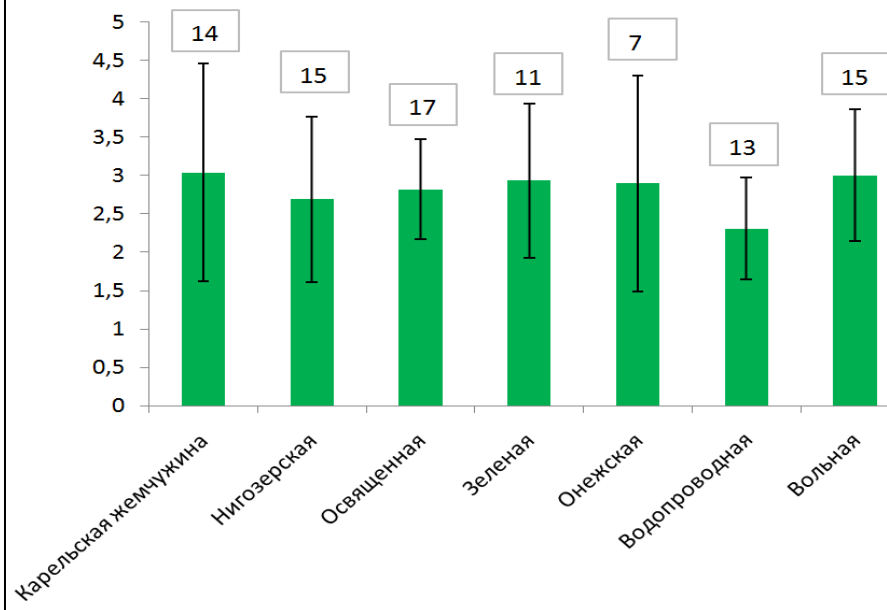
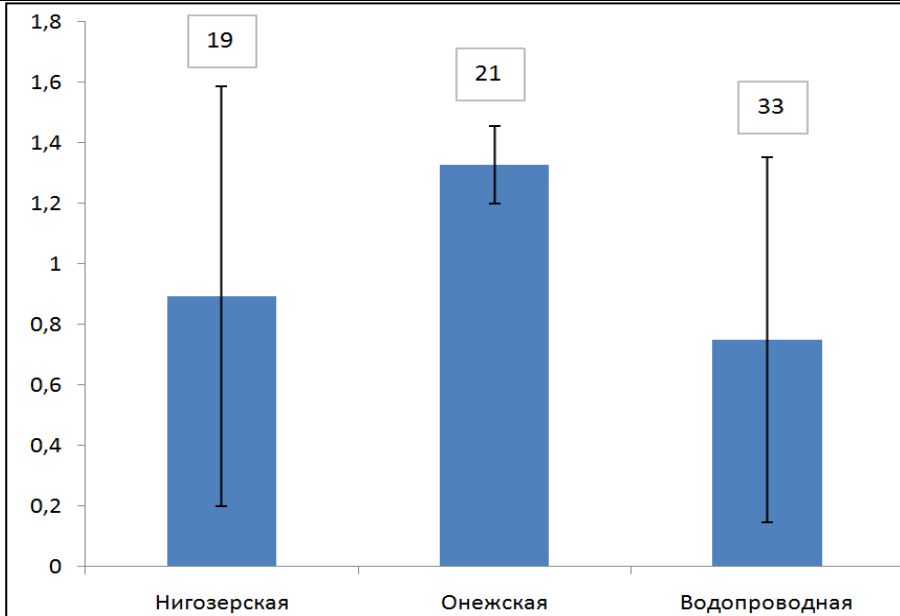
Табл.11. Индикаторные химические показатели, выявленные за период наблюдения.



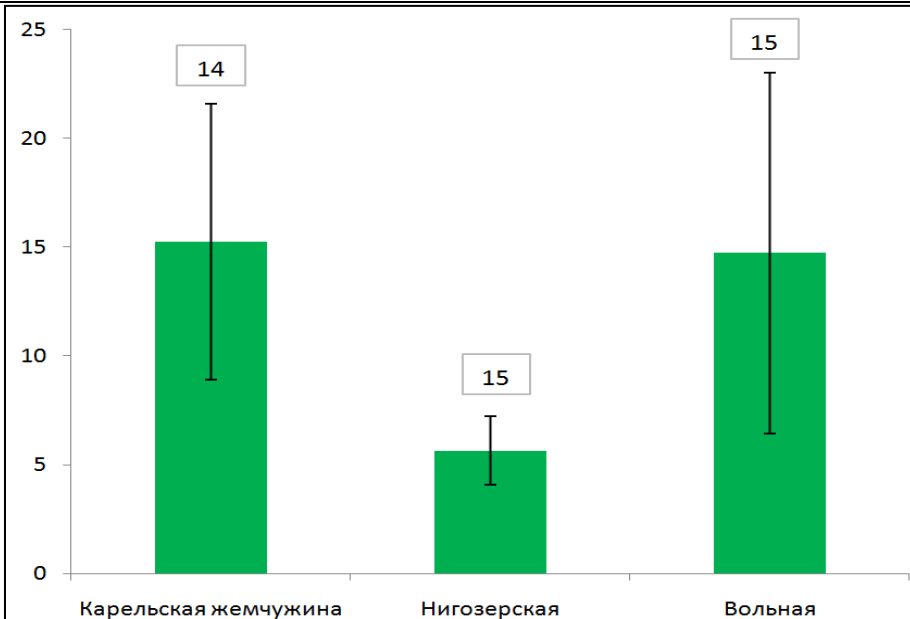
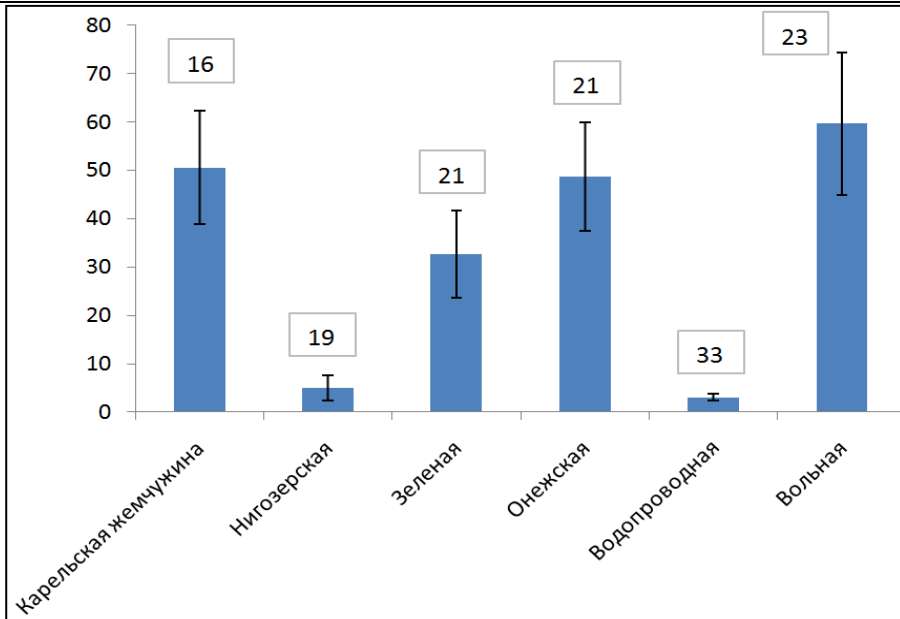
$\text{NO}_2^-$



$\text{PO}_4^{3-}$



Ca



K

