**Всероссийский конкурс**

**«Моя малая родина: природа, культура, этнос»**

**Номинация: природа и этнос**

Исследовательская работа

**Экологическая оценка состояния воды из реки Ягорбы на территории города Череповца**

Автор: Иванов Алексей, 8 класс

МБОУ ДО «Дворец детского и юношеского

творчества имени А.А. Алексеевой», г. Череповец

Вологодская область

Научный руководитель:

Ляпкова Нина Ивановна,

педагог дополнительного образования высшей категории

МБОУ ДО «Дворец детского и юношеского

творчества имени А.А. Алексеевой», г. Череповец

г. Москва, 2022 – 2023 учебный год

**Оглавление**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 3 |
| Глава 1. Обзор литературы  Глава 2. Характеристика района исследования | 3  6 |
| Глава 3. Материал и методы исследования | 7 |
| Глава 4. Результаты исследования и их обсуждение | 11 |
| Выводы | 19 |
| Библиография | 19 |
| Приложения | 21 |

**Введение**

Вода – это источник жизни. Она необходима всем живым организмам для питья и обеспечения жизнедеятельности. Река Ягорба протекает по территории города Череповца и впадает в реку Шексну. На берегах р. Шексны (ниже впадения Ягорбы) располагаются несколько городских пляжей. Водой пользуются люди в бытовых и промышленных целях. А выше по течению реки Ягорбы на ее берегах располагаются сельскохозяйственные предприятия. К сожалению, человек не всегда думает об окружающей природе. В результате такого отношения хозяйственные и бытовые отходы оказываются в водоемах. Поэтому важно знать, насколько вода в реке является чистой, и, безусловно, актуально знать экологическое состояние Ягорбы. Так как р. Ягорба впадает в р. Шексну, а Ягорба загрязнена, то и Шексна будет загрязнена. Поэтому проверить качество Ягорбы будет актуально.

Цель работы: экологическая оценка состояния воды из реки Ягорбы на территории города Череповца.

Задачи:

* Оценить качество воды по органолептическим показателям
* Оценить качество воды по химическим показателем
* Выяснить, загрязняется ли воды в реке методом биотестирования с помощью кресс-салата.
* Определить количество растворенного кислорода в воде с помощью оксиметра.
* Сравнить экологические показатели состояния воды в разное время года.

Сроки проведения работы: 2021 – 2022 годы. Объект исследования: вода из реки Ягорбы, предмет исследования: экологическая оценка состояния воды из реки Ягорбы.

Методы исследования: органолептический анализ воды, химический анализ воды с помощью НКВ лаборатории, биотестирование воды кресс салатом, определение растворенного кислорода оксиметром.

Новизна работы: уточняются сведения о состояние воды в р. Ягорбе.

Практическая значимость: после проведения работы мы будем знать реальное состояние воды в р. Ягорбе, а также выясним, поступает ли загрязненная вода в р. Шексну.

Гипотеза исследования: можно предположить, что вода в реке Ягорбе будет чистой зимой, так как вода будет подо льдом. В остальное время вода будет загрязнена.

**Глава 1. Обзор литературы**

Россия обладает одним из самых высоких в мире водных потенциалов: на каждого жителя страны приходится более 30000м3 воды в год. Однако, в настоящее время из-за загрязнения около 70% рек и озер России утратили качества источников питьевого водоснабжения, и в результате около половины населения потребляет загрязненную недоброкачественную воду. Резко обострилась проблема обеспечения питьевой водой многих регионов страны, увеличивается опасность для здоровья населения, повышается уровень заболеваемости кишечными инфекциями и гепатитом [12].

На территории Вологодской области формируются поверхностные воды гидрокарбонатного класса группы кальция малой и средней минерализации. Особенностью всех поверхностных водных объектов являются сезонные колебания состава воды, особенно таких показателей, как мутность, цветность, щелочность, жесткость. Поверхностные воды области отличаются повышенным содержанием органических веществ гумусного происхождения, которые образуются в процессе разложения остатков растений. Высокое содержание гуминовых веществ придает воде желто-коричневый цвет. Для поверхностных вод характерно повышенное содержание железа, меди и цинка, что объясняется не столько антропогенным, сколько природным генезисом и носит фоновый характер. Химический состав природных вод подвергается трансформации под действием антропогенной нагрузки. Наибольшее загрязнение водных объектов наблюдается в период летней и зимней межени, когда уровни воды достигают минимальных значений, и в период подъема весеннего половодья, когда происходит таяние снежного покрова и смыв загрязняющих веществ с прилегающих территорий. Следует отметить значительный вклад в загрязнение поверхностных водных объектов неорганизованного стока, поступающего с водосборной площади. Как правило, доля «водосборной» составляющей в формировании качества воды достигает 50 %, в многоводные годы может возрастать до 70 - 80 % [4].

На территории между Череповцом и Рыбинском название «Ягорба» встречается шесть раз: две реки, одно озеро, село, деревня, шлюз [8].

Вода в реке оценивается как «[грязная](https://ru-wiki.ru/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D1%8B_%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B)». Загрязнённость Ягорбы выше Череповца обусловлена в основном влиянием сельскохозяйственных объектов [11].

В X веке в устье Ягорбы появляется целая округа постоянных поселений, принадлежавших финно-угорскому племени «весь». Согласно летописи, весь вместе со славянскими племенами участвовала в призвании на княжество варягов. Удобное местоположение, обилие рыбы и пушнины привлекали в эти места все больше людей.

В XIV веке у слияния Шексны и Ягорбы возник Воскресенский монастырь, давший начало современному Череповцу [8].

Основная причина загрязнения рек – это активный рост и развитие социально-экономической жизни на берегах водоемов. Впервые было установлено в 1954 году, что причиной заболеваний людей стала загрязненная вода. Тогда был найден источник плохой воды, что стало причиной эпидемии холеры в Лондоне. В целом источников загрязнения существует большое количество. Остановимся на наиболее существенных из них: сточные бытовые воды населенных городов; агрохимия и пестициды; порошки и чистящие средства; бытовые отходы и мусор; промышленные сточные воды; химические соединения; утечка нефтепродуктов [5].

**Как происходит загрязнение рек и озер?** На современных предприятиях вода активно используется в различных производственных процессах как в качестве химического вещества для протекания определенных реакций, так и как элемент системы охлаждения или очистки. Поэтому многие заводы и фабрики строятся на берегах рек для забора необходимого объема воды из них. Если на производстве организована система последовательного водоснабжения, то после очистки и охлаждения отработанной жидкости она снова используется. Но это требует дополнительных затрат на оборудование и расходные фильтрующие материалы [6].

Все вышеуказанные источники существенно меняют химический состав воды, уменьшают количество кислорода [7].

В поверхностных водах постоянно присутствует в растворенном виде кислород. Содержание растворенного кислорода (РК) в воде характеризует кислородный режим водоема и имеет важнейшее значение для оценки его экологического и санитарного состояния. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая условия для дыхания гидробионтов. Он также необходим для самоочищения водоемов, т.к. участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения отмерших организмов. Снижение концентрации РК свидетельствует об изменении биологических процессов в водоеме, о загрязнении водоема биохимически интенсивно окисляющимися веществами (в первую очередь органическими). Потребление кислорода обусловлено также химическими процессами окисления содержащихся в воде примесей, а также дыханием водных организмов.

Поступление кислорода в водоем происходит путем растворения его при контакте с воздухом (абсорбции), а также в результате фотосинтеза водными растениями, т.е. в результате физико-химических и биохимических процессов. Кислород также поступает в водные объекты с дождевыми и снеговыми водами. Поэтому существует много причин, вызывающих повышение или снижение концентрации в воде растворенного кислорода.

Растворимость кислорода возрастает с уменьшением температуры и минерализации и с увеличением атмосферного давления. В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может колебаться от 0 до 14 мг/л и подвержено значительным сезонным и суточным колебаниям. В эвтрофированных и сильно загрязненных органическими соединениями водных объектах может иметь место значительный дефицит кислорода. Уменьшение концентрации РК до 2 мг/л вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов. В воде водоемов в любой период года до 12 часов дня концентрация РК должна быть не менее 4 мг/л. ПДК растворенного в воде кислорода для рыбохозяйственных водоемов установлена 6 мг/л (для ценных пород рыбы) либо 4 мг/л (для остальных пород) [9].

В зависимости от различных загрязнений, в реках увеличивается количество водорослей, которые в свою очередь вытесняют животных и рыбу. Это становится причиной изменения местопребывания популяций рыб и других речных обитателей, но многие виды просто умирают.

Грязная вода рек плохо очищается, прежде чем попадать в водопроводы. Ее используют в качестве питьевой. В результате увеличиваются случаи заболевания людей, потому что они пили неочищенную воду. Регулярное употребление загрязненной воды способствует появлению некоторых инфекционных и хронических заболеваний. Иногда некоторые люди могут и не знать, что причина проблем со здоровьем – это грязная вода [7].

**Глава 2. Характеристика района исследования**

Река Ягорба на протяжении 6,5 километров, включая садовые участки, протекает по территории промышленного города Череповца (рис. 1).

Город Череповец  — крупнейший промышленный центр  Северо-Запада России с населением 309 тыс. человек, в котором сосредоточены крупные предприятия черной металлургии — ОАО «Северсталь», ОАО «Северсталь-Метиз»; химической промышленности — АО «Апатит», деревообрабатывающей промышленности — фанерно-мебельный комбинат, спичечная фабрика, мебельная фабрика, деревообрабатывающий комбинат; машиностроения и металлообработки; промышленности стройматериалов, пищевой и легкой промышленности [13].

 

места забора проб

р. Ягорба

Масштаб: 1см:13км Масштаб: 1см:1км

Рис. 1. р. Ягорба на территории Череповецкого района и г. Череповца

Всего в городе насчитывается  более 50 предприятий, крупнейшим и градообразующим  среди которых является ПАО «Северсталь» — комбинат с полным металлургическим циклом производства, и имеющий в  своем составе коксохимическое, агломерационное, сталеплавильное  и прокатное производства, а также вспомогательные производства: огнеупоров, теплосиловое, газовое, ремонтное и др.

Существующая экологическая  ситуация в  г. Череповце сложилась в результате концентрации на ограниченной площади крупных предприятий тяжелой индустрии, обуславливающих высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха и других природных сред

За период с 1992 года отмечается тенденция  уменьшения количества выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ  от стационарных источников не только за счет сокращения объемов  производства, но и за счет внедрения  эффективных технологических и  природоохранных мероприятий. Выброс загрязняющих атмосферу города веществ  сократился на 31,5% [13].

Река Ягорба протекает по Вологодской области Российской Федерации. Её исток расположен у деревни Хуторок. По данным государственного водного реестра России, она относится к Верхневолжскому бассейновому округу, водохозяйственный участок реки — Рыбинское водохранилище до Рыбинского гидроузла и впадающие в него реки, без рек Молога, Суда и Шексна от истока до Шекснинского гидроузла, речной подбассейн реки — реки бассейна Рыбинского водохранилища. Речной бассейн реки — (Верхняя) Волга до Куйбышевского водохранилища (без бассейна Оки).

Длина реки Ягорба - 53 километра, площадь водосборного бассейна составляет 458 квадратных километров. Питание смешанное: от таяния снегов; атмосферных осадков; вод притоков. У Ягорбы есть несколько притоков: [Кучесара](http://travellers.ru/reka-kuchesara) слева в 8,1 км от устья, [Чермасола](http://travellers.ru/reka-chermasola) слева в 17 км от устья, Андобка слева в 26 км от устья

Устье расположено в Шекснинском русловом участке Рыбинского водохранилища, на территории, которая относится к Череповцу [8].

Через реку Ягорба в Череповце перекинуты два автомобильных моста - Ягорбский и Северный, а также железнодорожный мост на ветке «Санкт-Петербург - Вологда» [13].

**Глава 3. Материал для работы и методы исследования**

Материалом для работы послужила вода, отобранная в р. Ягорбе (на территории г. Череповца) в разное время года в 2021 – 2022г. (рис. 1). Все анализы проведены в трёхкратной повторности (таб.1).

Таблица 1

Материал для работы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Место забора пробы | Сроки взятия проб | Количество проб |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Август 2021 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Август 2021 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Ноябрь 2021 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Ноябрь 2021 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба под Ягорб. мостом | Март 2022 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Март 2022 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба ниже ж.д. моста | Май 2022 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Май 2022 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Сентябрь 2022 | 1 |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Сентябрь 2022 | 1 |

Анализ воды по органолептическим и химическим показателям проводился в лабораторных условиях с помощью НКВ – лаборатории [1, 2], по 3 повторности каждого образца (прил.1, рис. 12-14).

Определялись **органолептические показатели**.

**Цветность** – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа (таб. 2). Вода наливалась в пробирку и рассматривалась сверху на белом фоне при боковом освещении [1].

Таблица 2

Цветность воды

|  |  |
| --- | --- |
| Слабо-желтоватая | Интенсивно – желтая |
| Светло - желтоватая | Коричневая |
| Желтая | Красно- коричневая |

**Запах** воды (таб.3) обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые могут попасть в воду при ее производстве. Запах определялся при нормальной (200 С) температуре воды [1]

Таблица 3

Запах воды

|  |  |
| --- | --- |
| **Естественного происхождения:** | **Искусственного происхождения:** |
| * землистый * гнилостный, плесневый * торфяной * травянистый и др. | * нефтепродуктов * уксусный * хлорный * фенольный |

Интенсивность запаха оценивалась по 5-бальной шкале (таб. 4). Для питьевой воды допускается запах не более 2 баллов [1].

Таблица 4

Определение характера и интенсивности запаха

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

**Мутность и прозрачность.** Мутность определяли фотометрически, а также визуально – по степени мутности столба высотой 10-12 см в мутномерной пробирке. В последнем случае пробу описывали качественно следующим образом: прозрачная, слабо опалесцирующая; опалесцирующая; слабо мутная; мутная; очень мутная [1].

**Химический анализ воды** проводился с помощью переносной портативной химической лаборатории «НКВ».

**Определение водородного показателя (рН).** Использовали визуально-колориметрический метод определения рН с помощью универсального индикатора и колориметрической пробирки [1, 2].

**Определение содержания карбонатов и гидрокарбонатов.** Определение содержания карбонатов и гидрокарбонатов проводили методом титрования (10мл воды) карбонат-аниона (с фенолфталеином) и гидрокарбонат-аниона (со смешанным индикатором) раствором соляной кислоты (0,05 г-экв/л) [1, 2].

Рассчитывали массовую концентрацию гидрокарбонат-аниона (Сгк) в мг/л по формуле:

Сгк = Vгк х 305 [5],

где Vгк -количество соляной кислоты, пошедшей на титрование

**Определение содержания сульфатов.** Проводилось с помощью смешенного индикатора, ортанилового К в присутствии катионита. Расчет проводили по следующей формуле:

Сс = Vс х 384 [5], где Vс -количество смешанного индикатора, пошедшего на титрование.

**Определение содержания хлоридов.** Предлагаемый метод определения массовой концентрации хлорид - аниона основан на титровании хлорид-анионов раствором нитрата серебра, в результате чего образуется суспензия практически нерастворимого хлорида серебра. В качестве индикатора использовали хромат калия. Данный метод получил название метода аргентометрического титрования. Рассчитывали массовую концентрацию хлорид-аниона по формуле:

Схл =  Vхл  х 178, где Vхл - объём нитрата серебра [1, 2].

**Определение общей жесткости.** Метод основан на реакции солей кальция и магния с реактивом — трилоном Б (двунатриевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты). При жесткости до 4 0Ж вода считается мягкой; от 4 до 8 0Ж — средней жесткости; от 8 до 12 0Ж — жесткой; более 12 0Ж — очень жесткой. Допустимая величина общей жесткости для питьевой воды из источников централизованного водоснабжения составляет не более 7 0Ж [1, 2].

Общая жесткость определялась при титровании раствором трилона Б (при добавлении раствора буферного аммиачного и раствора индикатора хром тёмно-синего).

Cож = Vож  х 5, где Vож –объём трилона Б, израсходованного на титрование.

**Кальций** определялся при добавлении к воде (10мл) раствора гидроокиси натрия и индикатора мурексида при предварительном удалении гидрокарбонат-аниона. Затем проводилось титрование раствором трилона Б и расчет молярной концентрации эквивалента кальция в 0Ж по уравнению:

Cка =Vка х 5, где Vка - объём трилона Б, израсходованного на титрование

Массовая концентрация катиона **магния** в мг/л определялась расчетным методом по формуле:

Cмг = (Cож – Cка) х 24,3 [1, 2].

Концентрацию **аммония** определяли визуально-колориметрическим методом, сравнивая окраску раствора с контрольной шкалой образцов окраски. Анализ проводился с помощью сегнетовой соли и реактива Несслера [1, 2].

**Определение содержания нитратов**. Анализ проводился визуально-колориметрическим методом при помощи реактива на нитрат-анионы и порошка цинкового восстановителя [9].

**Определение содержания нитритов**. Нитритами называются соли азотистой кислоты. Нитрит-анионы являются промежуточными продуктами биологического разложения азотсодержащих органических соединений и содержат атомы азота в промежуточной степени окисления “+3”. Анализ проводился при помощи реактива Грисса [1, 2].

**Количественное определение ионов железа.** В склянку с пробой (10мл) (определение проводилось в кислой среде, рН 4-5) добавляли раствор солянокислого гидроксиламина. Далее - ацетатный буферный раствор и раствор орто-фенантролина. Проводили визуальное колориметрирование пробы [1, 2].

Методика биотестирования. В чашки Петри (в трех кратной повторности) клали слой фильтровальной бумаги. В опытных чашках бумага смачивалась исследуемой водой (растаявший снег), а в контрольных - дистиллированной. Высеивали в каждую чашку по сто всхожих семян кресс- салата. Когда в чашках Петри с дистиллированной водой прорастало 50%, подсчитывали проростки в чашках с исследуемой водой [3]. По количеству проростков определяли индекс токсичности (таб. 5). Если процент прорастания по отношению к дистиллированной воде выше 100, то в воде (снегу) есть биостимуляторы.

Таблица 5

Определение загрязнения воды биотестированием [3]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Загрязнение отсутствует | Слабое загрязнение | Среднее загрязнение | Сильное загрязнение |
| Всхожесть % | 90-100 | 65-90 | 30-65 | **<**30 |
| Индекс токсичности | < 0,1 | 0,1- 0,35 | 0,36-0,7 | >0,71 |

Для количественного выражения токсического действия воды на всхожесть семян вычисляется индекс токсичности по формуле:

J = Bконтроль – Вопыт/Bконтроль

где J – индекс токсичности, Bконтроль – всхожесть семян в контроле, Вопыт – всхожесть семян в опытном варианте.

Измерение растворенного в воде кислорода (О²) проводилось с помощью оксиметра. На месте исследования нужно снять защитную баночку, подключить прибор к блоку питания и отпустить щуп оксиметра в воду. Дождаться, пока показания цифр не будут меняться, и запомнить их [10].

**Глава 4. Результаты исследования и их обсуждение**

Отрезок реки Ягорбы, протекающий по территории города Череповца, составляет 6,5 км, включая садовые участки, протяженность которых около 2 км (рис. 1). В реку Ягорбу на территории города впадает речка Серовка, протекающая по Северному району. На территории города через реку построены два автотранспортных (Ягорбский и Северный) и один железнодорожный мост. Ягорбский мост соединяет Индустриальный и Заягорбский районы, а Северный мост соединяет Заягорбский и Северный районы. Берега реки извилисты, особенно левый берег между автомобильным и железнодорожным мостом (прил., рис. 13, 14), где располагается лодочная станция (прил., рис. 15). На левом берегу Ягорбы стоит судоремонтный завод. Правый берег реки от железнодорожного моста до ее устья забетонирован. В хорошую погоду здесь всегда много горожан. Берега реки песчаные, в разных местах пологие или обрывистые. Осенью на реке наблюдалось большое количество водоплавающих птиц: утки кряквы, сизые чайки (прил. 1, рис. 16). На набережной почти нет бытового мусора, за исключением территории под Ягорбским автомобильным мостом.

Из реки Ягорбы взяты пробы воды в разное время года (лето и осень 2021, ранняя весна 2022г. – река подо льдом, поздняя весна и осень 2022г.) (прил., рис. 17, 18). Определялись органолептические показатели (определение показателей органами чувств): цветность, запах, мутность, пенистость (прил., таб. 7). Цветность воды светло-жёлтая. Запах воды слабо-землистый, травянистый и гнилостный, интенсивность запаха 2 балла, т. е. определяется, если обратить на это внимание. В марте 2022г. (был ледовый покров) в воде под мостом запах не ощущался, а в устье – до 2 баллов. В воде часто есть взвешенные частицы, а в мае плавал мусор, вероятно после таяния снега он попал в реку с ручьями талой воды. В конце лета 2021 г. вода сильно «цвела» - на поверхности в большом количестве сине-зеленые водоросли (прил. 1, рис. 19, 20).

Проведен химический анализ проб воды с помощью лаборатории НКВ (прил., таб. 8, рис. 21, 22).

pH в реке Ягорбе минимальная 6,5 в мае 2022г., а максимальная 7,7 летом 2022г., что соответствуют норме от 6 до 8 ед. pH для открытой воды (рис. 2).

Содержание сульфатов самое высокое поздней весной и в летнее время, а меньше в период ледостава (рис. 3). ПДК сульфатов равна 500 мг/л, все пробы воды не превышают данный показатель,

Содержание нитратов (рис. 4) в воде самое большое в сентябре 2022г.: 16 мг/л, а самое малое в марте 2022: 5 мг/л. ПДК нитратов 45 мг/л. Показатели в норме.

В мае 2022 показатель нитритов (рис. 5) достигает ПДК, самые маленькие показатели: лето 2021, ноябрь 2021 и в мае 2022 ниже ж. д. моста. ПДК нитритов равен 0,1 мг/л. Ни одна проба не превышает этой нормы

Самые большие показатели аммония (рис. 6): лето 2021г., ноябрь 2021г. и май 2022г. ниже ж.д. моста, все остальные очень низкие. ПДК аммония равен 2,5 мг/л. Все показатели в норме

Осенью 2021 года самое большие количество хлоридов (рис. 7) в воде, самое низкое в марте 2022 года и в сентябре 2022 года. ПДК хлоридов равен 250 мг/л. Все пробы не переходят эту черту

ПДК железа общего в воде 0,3 мг/л. В ноябре 2021г. в русле превышение ПДК на 0,2 мг/л, а в ноябре 2021г. в устье, в мае 2022г. и в сентябрь 2022г. в русле значения достигают ПДК (рис. 8). Вероятно, сказывается влияние нашего промышленного города и металлургического комбината, так как подо льдом в марте количество железа общего в воде небольшое.

В марте 2022г. (подо льдом) по показателю жесткости (рис. 9) вода мягкая, все остальные пробы средней жесткости (3-4,5Ж0).

Содержание кальция (рис. 10) в воде соответственно самое низкое в марте 2022г. Все показатели в пределах нормы.

Самые большие показатели гидрокарбонатов (рис. 11) в обеих пробах мая 2022 года и осенью 2022 года, самый низкий показатель в марте 2022 в устье. ПДК гидрокарбонатов равен 1000 мг/л. Показатели не превышают нормы.

Мы проверили воду на загрязнение методом биотестирования с помощью кресс-салата, и получили следующие результаты (таб. 6). В ноябре 2021 г. в русле реки, выше Ягорбского моста, среднее загрязнение, индекс токсичности 0,44. Все остальные пробы показали слабое загрязнение воды (рис. 12).

Таблица 6

Определение загрязнения воды методом биотестирования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Место зпбора | Сроки забора | % всхожести | Индекс токсичности | Показатель загрязнения |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Ноябрь 2021 | 80% | 0,20 | Слабое |
| г. Череповец р. Ягорба русло | Ноябрь 2021 | 56% | 0,44 | Среднее |
| г. Череповец р. Ягорба под мостом | Март 2022 | 88% | 0,12 | Слабое |
| г.Череповец р.Ягорба русло | Март 2022 | 76% | 0,24 | Слабое |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Май 2022 | 80 | 0,20 | Слабое |
| г. Череповец р. Ягорба русло ниже ж.д. моста | Май 2022 | 88 | 0,12 | Слабое |
| г. Череповец р. Ягорба устье выше моста | Сентябрь 2022 | 76%  , | 0,24 | Слабое |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Сентябрь 2022 | 80% | 0,20 | Слабое |

Рис. 2. pH в воде реки Ягорба

Рис. 3. Содержание сульфатов в воде р. Ягорба

Рис. 4. Содержание нитратов в воде р. Ягорбы

Рис. 5. Содержание нитритов в воде р. Ягорба

Рис. 6. Содержание аммония в воде р. Ягорба

Рис. 7. Содержание хлоридов в воде р. Ягорба

Рис. 8. Содержание железа общего в воде р. Ягорба

Рис. 9. Жёсткость общая в воде р. Ягорбы

Рис. 10. Содержание кальция в воде р. Ягорбы

Рис. 11. Содержание гидрокарбонатов в воде р. Ягорбы

Рис. 12. Токсичность воды в воде реки Ягорбы методом биотестирования

Количество растворенного кислорода в воде оценивалось с помощью оксиметра (прил., рис. 23). И получили следующий результат (прил., таб. 8): в устье значения РК 4,4 мг/л а, в русле 3,6 мг/л. Концентрация РК для хозяйственных значений должна быть не менее 4 мг/л. ПДК растворенного в воде кислорода для рыб хозяйственных водоемов установлена 6 мг/л (для ценных пород рыбы), 4 мг/л (для остальных пород). Для рыб хозяйственных водоемов кислорода хватит только в устье, а в русле значение РК недостаточно. Для ценных пород рыб количество растворенного в воде кислорода не достаточно как в русле, так и в устье.

Экологические показатели воды из реки Ягорбы лучше во время ледостава (вода прозрачная, без взвесей, минимум железа), в весеннее и осеннее время не все показатели в норме: вода светло-желтая, со взвесями и мусором, по железу общему показатели достигают ПДК или превышены. Летом наблюдается «цветение» воды.

Гипотеза о том, что вода в реке Ягорбе будет чистой подо льдом, а в остальное время вода будет загрязнена, подтвердилась по большинству показателей.

**Выводы**

1. По органолептическим показателям вода была светло-жёлтая или зелено-жёлтая, в 4 пробах из 10 были взвеси, в отдельных пробах ощущался запах земли и травы до 2 баллов.
2. Вода из р. Ягорбы исследовалась на pH, жесткость общую, содержание сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, аммония, железа обшего, гидрокарбонатов, кальция. Обнаружено превышение ПДК по железу общему осенью 2021 года, остальные показатели в норме.
3. Метод биотестирования показал, что в ноябре 2021 года загрязнение воды в реке среднее (индекс токсичности 0,44), все остальные пробы слабо загрязнены (индекс токсичности от 0,12 до 0,24).
4. Количество растворенного кислорода (РК) в русле 3,6 мг/л, что ниже рыбо-хозяйственных значений для воды, а в устье 4,4 мг/л, что соответствует рыбо-хозяйственным нормам (за исключением ценных пород рыб).
5. Экологические показатели воды в реке Ягорбе лучше во время ледостава, в весенние - осеннее время не все показатели в норме.

**Библиография**

1. Муравьев А.Г. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки. - СПб.: «Крисмас +, 2012. - 264.

2. Полевая комплектная лаборатория контроля воды «НКВ». Карты-инструкции по выполнению определений показателей качества воды. - СПб.: ЗАО «Крисмас +», 2015

3. Радченко Н.М., Шабунов А.А. Методы биоиндикации в оценке состояния окружающей среды. – Вологда: Издательский центр ВИРО, 2006.

4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2020 году. –Вологда: Правительство Вологодской области Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области - [Электронный ресурс] URL: file:///C:/Users/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C/Desktop/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%BE%20%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%9E%D0%A1%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4.pdf2021.- 273с (дата обращения 06.10.22)

5. Источники загрязнений рек [Электронный ресурс] URL <https://ecoportal.info/zagryaznenie-rek/> (дата обращения 02.02.22)

**6. Как происходит загрязнение рек и озер?** [Электронный ресурс] URL <https://rekiruki.ru/prichiny-zagryazneniya-rek> ( дата обращения 02.02.22)

7. Последствие загрязнения рек [Электронный ресурс] URL <https://xn--7-dtbea5camjj.xn--p1ai/raznoe/ot-chego-zagryaznyaetsya-voda-v-rekah-i-ozerah-otchego-zagryaznyaetsya-voda-v-rekah-ozyorah-moryah.html#%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%BA>( дата обращения 02.02.22)

8.Река Ягорба (приток Шексны) [Электронный ресурс] URL: http://travellers.ru/reka-yagorba-pritok-sheksny (дата обращения 06.10.21).

9.Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/025.asp> (дата обращения 17.10.2022)

10.Руководство пользователя Оксиметр WDO-**64.** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metronx.ru> – (дата обращения 25.09.2022)

11.Экология [Электронный ресурс] URL <https://ru-wiki.ru/wiki/%D0%AF%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B0_(%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%A8%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D1%8B)> (дата обращения 06.10.21).

12. Экология малых рек России: проблемы и пути их решения // журнал БСТ № 10, 2004г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bstpress.ru/article.asp?issue=842&article=1>. – (дата обращения 17.10. 2022г.)

13. Экологическая ситуация в г. Череповце [Электронный ресурс] URL <https://www.turboreferat.ru/ecology/jekologicheskaya-situaciya-v-g-cherepovce/106872-552449-page1.html> (дата обращения 06.10.22).

**Приложения**

 

Рис. 13 Автомобильный мост через Ягорбу Рис. 14 Железнодорожный мост

 

Рис. 15. Лодочная станция Рис. 16. Утки кряквы на реке

 

Рис. 17. Взятие проб воды (30.08.21г.) Рис. 18. Взятие проб (15.11.21г.)

 

Рис. 19. Вода «цветёт» Рис. 20. Сине-зелёные водоросли на фильтре

 

Рис. 21 Определение железа общего в воде Рис. 22. Определение гидрокарбонатов в воде



Рис. 23. Работа с оксиметром

Таблица 7

Органолептический анализ воды

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| место взятия пробы | сроки взятия пробы | цветность | запах | Вкус и привкус | пенистость | мутность |
| **Норма** |  | **бесцветная** | **до 2 баллов** | **до 2 баллов** | **нет** | **прозрачная** |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Август 2021 | Светло -зелёный | 2, трава | Не проверяли | нет | со взвесями |
| г. Череповец р. Ягорба русло | Август 2021 | Зелёно-жёлтая | 2, трава, земля | Не проверяли | нет | со взвесями |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Ноябрь 2021 | Светло-жёлтая | 1 | Не проверяли | нет | прозрачная |
| г. Череповец р. Ягорба русло | Ноябрь 2021 | Светло-жёлтая | 1 | Не проверяли | нет | прозрачная |
| г. Череповец р. Ягорба под мостом | Март 2022 | Бесцветная | 0 | Не проверяли | нет | прозрачная |
| г. Череповец р. Ягорба устье | Март 2022 | Слабо-жёлтая | 1 | Не проверяли | нет | прозрачная |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Ягорбского моста | Май 2022 | Светло-жёлтая | 2 трава, земля | Не проверяли | нет | со взвесями |
| г. Череповец р. Ягорба русло ниже ж.д. моста | Май 2022 | Светло-жёлтая | 2 трава, земля | Не проверяли | нет | со взвесями |
| г. Череповец р. Ягорба устье выше моста | Сентябрь 2022 | Светло-жёлтая | 1 | Не проверяли | нет | прозрачная |
| г. Череповец р. Ягорба русло выше Ягорбского моста | Сентябрь 2022 | Светло-жёлтая | 1 | Не проверяли | нет | прозрачная |

Таблица 8

Химический анализ воды (средние значения от трехкратной повторности)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Место взятия пробы | Сроки взятия проб | рН | хлориды  мг/л | сульфаты  мг/л | нитраты  мг/л | нитриты  мг/л | аммоний  мг/л | жесткость  общая 0Ж | кальций  мг/л | железо общее мг/л | Содержание О2 в воде, (РК) | Гидрокарбонаты г/л |
|  | **ПДК** |  | **6-8** | **250** | **500** | **45** | **0,1** | **2,5** | **7** | **200** | **0,3** | **Хоз. 4**  **рыбохоз 6** | **1000** |
| 1 | г. Череповец р. Ягорба устье | Август 2021 | 7.7 | 30 | 113 | 10 | 0,02 | 1 | 3.8 | 80 | 0,1 | -- | 115 |
| № | Место взятия пробы | Сроки взятия пробы | рН | хлориды  мг/л | сульфаты  мг/л | нитраты  мг/л | нитриты  мг/л | аммоний  мг/л | жесткость  общая  0Ж | кальций  мг/л | железо общее  мг/л | Содержание О2 в воде,  (РК) | гидро  карбонаты  мг/л |
| 2 | г. Череповец р. Ягорба русло | Август 2021 | 7.7 | 30 | 113 | 10 | 0.02 | 1 | 3.8 | 56 | 0.1 | -- | 115 |
| 3 | г. Череповец р.  Ягорба устье | Ноябрь  2021 | 7 | 32 | 49 | 6 | 0.02 | 0,05 | 3,2 | 72 | 0,3 | - | 96 |
| 4 | г.Череповец р.  Ягорба русло | Ноябрь  2021 | 7 | 32 | 49 | 6 | 0.05 | 1 | 4 | 80 | 0,5 | - | 110 |
| 5 | г. Череповец р. Ягорба под мостом | Март 2022 | 7 | 14 | 33 | 5 | 0,05 | 0 | 1,8 | 54 | 0,1 | - | 110 |
| 6 | г. Череповец р.  Ягорба устье | Март 2022 | 7 | 24 | 33 | 7 | 0,03 | 0,5 | 1,8 | 54 | 0,1 | - | 82 |
| 7 | г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | Май 2022 | 6,5 | 24 | 115 | 8 | 0,1 | 0,5 | 4,5 | 90 | 0,3 | - | 122 |
| 8 | г. Череповец р. Ягорба русло ниже ж.д. моста | Май 2022 | 6,5 | 24 | 115 | 10 | 0,02 | 1,0 | 4,3 | 117 | 0,3 | - | 122 |
| 9 | г. Череповец р. Ягорба русло выше Яг. моста | сентябрь  2022 | 7,5 | 14 | 58 | 10 | 0,05 | 0 | 2,4 | 56 | 0,3 | 3,4 | 122 |
| 10 | г. Череповец р. Ягорба устье выше моста | сентябрь  2022 | 7 | 21 | 102 | 16 | 0,05 | 0 | 4 | 96 | 0,1 | 4,4 | 122 |