

Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение  
«Медвежьегорская средняя общеобразовательная школа имени  
Александра Фанягина»

Республика Карелия

г. Медвежьегорск

## **БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДОЕМОВ ГОРОДА МЕДВЕЖЬЕГОРСКА**

**Автор:** Бондар Григорий Андреевич, ученик 11  
класса, МКОУ «Медвежьегорская СОШ им.  
А.Фанягина»

**Руководитель:** Федотова Любовь Владимировна,  
тьютор МКОУ «Медвежьегорская СОШ им.  
А.Фанягина»

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Методика исследования.....	7
1.1. Методика исследования .....	7
1.2. Статистическая обработка данных .....	8
Глава 2. Результаты исследования и их анализ .....	10
2.1. Агротехнические мероприятия.....	10
2.2. Энергия прорастания семян и всхожесть .....	10
2.3. Влияние качества воды на массу кресс-салата .....	11
2.4. Влияние качества воды на длину корней и стеблей кресс-салата .....	12
2.5. Индекс токсичности оцениваемых факторов (ИТФ) исследуемых водных объектов .....	12
2.6. Органолептические и химические показатели воды водоемов города Медвежьегорска .....	13
2.6.1. Органолептические показатели воды водоемов города Медвежьегорска .....	13
2.6.2. Химические показатели воды водоемов города Медвежьегорска .....	14
Выводы .....	16
Заключение .....	16
Список использованной литературы.....	17
Приложение .....	18

## Введение

Карелия обладает богатым водным фондом (насчитывается около 23.6 тыс. рек и более 61.1 тыс. озер, водная акватория занимает 23% территории республики, и ее водные ресурсы широко и разносторонне используются в промышленности, водоснабжении, рыбном хозяйстве, в рекреационных, энергетических целях и др. В то же время водоемы являются приемниками загрязняющих веществ. Актуальными и острыми остаются проблемы сохранения их устойчивости и экологической безопасности окружающей среды. [3]

Большое значение имеет ранняя диагностика экологического состояния водных экосистем, которую возможно осуществить на базе биотоксикологического мониторинга, который предполагает использование различных методов качественной оценки водоемов, определение уровня загрязнения природных вод, токсикологического контроля качества воды. При этом химические, физические, физико-химические и другие методы анализа незаменимы. [9]

В городе Медвежьегорске достаточно много водных объектов, он расположен на берегу Онежского озера, через него протекают реки Кумса и Вичка, находятся Плотичье и Китайское озёра. Все эти объекты местное население использует для питьевых и хозяйственных нужд. Наибольшей антропогенной нагрузке подвергаются Онежское озеро, реки Кумса и Вичка, протекающие в центре города. С помощью биотестирования мы решили выяснить экологическое состояние этих объектов.

**Цель: оценка состояния водных объектов с помощью растения биоиндикатора – кресс-салата (*Lepidium sativum* L.)**

### **Задачи:**

1. Оценить энергию прорастания и всхожесть семян кресс-салата при поливе водой из выбранных объектов;
2. Исследовать влияние воды городских природных водных объектов на массу растений;
3. Оценить среднюю длину надземной и корневой систем проростков в опытном и контрольном вариантах;
4. Определить индекс токсичности воды поверхностных водных объектов по росту и развитию кресс-салата;
5. Провести анализ органолептических и химических свойств воды.

**Объект:** поверхностные водные источники.

**Предмет:** оценка качества воды с помощью кресс-салата, как растения биоиндикатора.

**Гипотеза:** Вода в поверхностных источниках подвергается сильному загрязнению.

**Актуальность:** в городе Медвежьегорске отсутствуют очистные сооружения и сточные воды сбрасываются в водоемы без очистки, поэтому

исследование на качество воды надо проводить постоянно, в том числе и с помощью растений - биоиндикаторов.

**Место и сроки проведения исследования:** исследование проводилось в октябре-ноябре 2021 года на территории города Медвежьегорска, расположенного в Центральной части Республики Карелия примерно на границе зоны средней и северной тайги на северо-западной оконечности Большой губы Повенецкого залива Онежского озера в устьях рек Кумсы и Вички. Среднегодовая температура воздуха — 2,2 С, средняя температура февраля -12С, июля +16С, средняя скорость ветра — 1,6 м/с, относительная влажность воздуха — 79,9 %, осадков 600 мм/г.

Ученые насчитали в Карелии множество водных объектов. В основном это небольшие лесные водоемы, в том числе ламбы. Зато сразу три озера входят в топ-10 крупнейших пресноводных озёр Европы: Ладожское, Онежское и Выгозеро (первое, второе и десятое места соответственно). Житель Карелии обеспечен пресной питьевой водой вдвое лучше, чем средний житель России. [12]

По природному химическому составу и качеству поверхностные воды Карелии весьма разнообразны и имеют ряд особенностей. За редким исключением, они мало минерализованы (менее 100 мг/л) и очень мягкие (менее 4% жесткости). По этим признакам их можно было бы отнести к водам очень высокого качества. Однако на большей части территории качество вод ухудшается из-за наличия в них окрашенных гумусовых веществ. [3]

До настоящего времени в шести районных центрах республики, а также поселениях, в том числе и в Медвежьегорске отсутствуют канализационные очистные сооружения. [9] Неочищенные сточные воды сбрасываются в водные объекты, как правило, являющиеся источником загрязнения. В общем объеме водоотведения сброс от названных населенных пунктов составляет не более 2%, тем не менее, это негативно отражается на состоянии водных объектов питьевого водоснабжения. Анализ распределения загрязняющих веществ в сточных водах показывает, что основным источником загрязняющих веществ является промышленность. Объекты жилищно-коммунального хозяйства лидируют в сбросе таких веществ, как азот общий, хлориды и фосфаты.

Объемы сброса сточных вод ООО «Сток» г. Медвежьегорск за 2019 год составляет 0,4 млн м<sup>3</sup>. [3]

Наибольшее влияние на озеро оказывают точечные источники загрязнения (Петрозаводский, Кондопожский и Медвежьегорский промцентры), а также сток реки Шуя, испытывающей значительное воздействие рассеянной нагрузки. Это приводит к антропогенному эвтрофированию в целом озера и загрязнению Кондопожской губы и Большой губы Повенецкого залива. При этом на центральную часть озера оказывают существенное воздействие сточные воды города Петрозаводска и

речных вод Шуи. Тогда как сточные воды Кондопоги и Медвежьегорска больше локализованы в заливах. [10]

Все биологические системы - организмы, популяции и биоценозы — в ходе своего развития приспособились к комплексу факторов местообитания.

Метод оценки абиотических и биотических факторов местообитания при помощи биологических систем называют биоиндикацией. В соответствии с этим, организмы или сообщества, которые тесно связаны с определенными факторами среды, могут применяться для их оценки, их называют биоиндикаторами.

Особенно широко используют ботанические или растительные индикаторы. Чутко реагирующий на все изменения внешней среды.

Использование растительного покрова как индикатора условий среды выделяют в особое направление биоиндикационных исследований, которое называют фитоиндикацией. Фитоиндикация — это практическое применение различных признаков и свойств отдельных растений или растительных сообществ и их комплексов для получения качественной, а иногда и количественной, характеристики среды. Приборами не всегда можно установить действие стресса на организм или сообщество. Низкое действие стрессора прибор не всегда улавливает. Примером тест - растения, применяемого при оценке загрязнения воздуха и почвы, является кресс-салат. [1]

Истоки ботанической индикации элементов и их соединений связаны с поисками полезных ископаемых и в особенности руд.

Ботаническая индикация элементов и их соединений находит применение в сельском хозяйстве при оценке обеспеченности почв и культурных растений элементами питания, при выявлении процессов загрязнения окружающей среды отходами производства. [2]

Кресс - салат – скороспелая культура, которую можно выращивать в открытом и защищенном грунте. [4] Однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами, а также к загрязнению воздуха газообразными выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей. Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

Кресс-салат, как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места. [1] Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают уже на третий-четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10-15 суток. [7]

Предлагаем краткую характеристику объектов исследования. Река Кумса – ее исток - озеро Верхнее Кумчозеро, впадает в Онежское озеро, относится к Балтийскому бассейновому округу. Длина реки составляет

62 км, водосборная площадь 738 кв. км. В нее впадают река Остер, озеро Остречье, протекает через озера Кумч-озеро (Нижнее Кумчозеро, Покровское), озеро Матка (Долгое).

Река Вичка – впадает в Онежское озеро, относится к Балтийскому бассейновому округу, длина водотока 30 км, водозаборная площадь 124 кв.км. На расстоянии от устья 8,1 км. в неё впадает река без названия. [12]

Озеро Онежское (Онего) Исток р. Свирь, относится к Балтийскому бассейновому округу. Площадь водоема 9720 км<sup>2</sup>, водосборная площадь 62800 км<sup>2</sup>. Озеро входит в перечень водных путей РФ. В него впадают 24 реки, 18 озер, 3 водотока и 3 крупных ручья. [11]

## Глава 1. Методика исследования

### 1.1. Методика исследования

В работе использована методики Радченко Н. М., Шабунов А. А (2006) [5] и Ашихминой Т.Я., Кантор Г.Я., Васильевой А.Н., Тимонюк В.М., Кондаковой Л.В, Ситякова А.С. (2006) [7].

Прежде чем ставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью кресс-салата, семена, предназначенные для опыта, проверили на всхожесть. Нормой считается прорастание 90 — 95% семян в течение 3 — 4 суток. Проросли 9 семян из 10. Всхожесть наших семян составила 90%. [7] Значит, мы могли начать эксперимент.

В емкости загрузили одинаковое количество промытого и прокаленного речного песка (в данном исследовании используется песок, так как в нем не содержится химических веществ, которые могут повлиять на чистоту эксперимента, в который посеяли по 100 семян кресс-салата (Приложение 4) в четырехкратной повторности каждый вариант опыта. Песок поливали сверху одинаковым количеством испытуемой воды. Повторность полива трехкратная. Контроль - полив отстоянной водопроводной водой. После достижения ростками высоты 5-7 см их выкопали, обсушили фильтровальной бумагой, разделили бритвой на части (стебель, корень), измерили и взвесили. Данные обработали статистически, рассчитали среднюю ошибку и достоверность опыта. Так же выяснили соотношение длины стебля кресс-салата к длине корня. [5]

Отбор воды для исследования проводился из поверхностных водных источников на территории города Медвежьегорска: Онежского озера, рек Вичка и Кумса в определенных точках сбора на глубине 0,5 м. (Приложение 1.) Для проведения химического и органолептического анализа вода отбиралась однократно, для полива трехкратно в этих же точках отбора проб.

**1 точка** – Онежское озеро на территории городского пляжа. Рядом находится Медвежьегорский грузовой порт, в данный момент не работает, служит перевалочной базой для отгрузки различных грузов, в том числе каменного угля, щебня, шунгита. Пляж служит местом отдыха населения города. В озеро проводится сброс неочищенных сточных вод и мусора.

**2 точка** – река Кумса на расстоянии 3 км от места впадения в Онежское озеро, рядом находятся улицы Советская и Онежская. Проезжает автотранспорт, в черте города ее пересекают железнодорожный и автомобильный мост. Основные загрязнители - бытовые отходы, сточные воды, автотранспорт и ж/д транспорт.

**3 точка** - река Вичка на расстоянии 1 км от устья Онежского озера. Над рекой расположен автомобильный мост, вдоль берега расположены частные дома. Основные загрязнители - бытовые отходы, сточные воды, автотранспорт и ж/д транспорт.

**Контроль** - водопроводная вода – взята в квартире, из централизованного водопровода. Водозабор ООО «Сток» проводит в акватории Онежского озера.

В течение опыта вели наблюдение по следующим показателям: время появления всходов, всхожесть в течение 21 дня. Провели статистическую обработку.

Измеряли длины надземной части (длина стебля растения, длина корня). Результаты наблюдений записывали в таблицы. Провели статистическую обработку данных с помощью формул.

Рассчитали индекс токсичности факторов.

На базе химической лаборатории ГАПОУ РК «Петрозаводский техникум городского хозяйства» провели ряд органолептических и химических исследований воды природных источников города Медвежьегорска.

### **Оборудование и материалы:**

Емкости для забора воды, семена тест - растения кресс-салат (1600шт.), тканевые салфетки, емкости для проращивания, линейка, лупа, весы ученические, лабораторные 200г, точность 0,01г, с цифровой индикацией.

## **1.2. Статистическая обработка данных**

В процессе исследования получили количественные характеристики исследуемого фактора. Выяснили наличие достоверных различий между изучаемыми вариантами. Определили имеются ли достоверные различия по длине корня и длине стебля. Нашли среднее квадратическое отклонение Среднее квадратическое отклонение (сигма):

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sum x - m)^2}{n-1}}$$

Ошибку среднего арифметического:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Коэффициент достоверности:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где  $M_1$  — средняя величина первого исследования;  
 $M_2$  — средняя величина второго исследования;  
 $m_1$  и  $m_2$  — ошибки репрезентативности сравниваемых средних величин  
 $n$ - выборка. [6]

Энергия прорастания и всхожесть семян кресс-салата.

Энергию прорастания (В) определяют по формуле:

$$B = a/v \times 100 (\%),$$

где  $a$  - число проросших семян;

$v$  - общее число семян, взятых для опыта.

Всхожесть — количество нормально проросших семян, выраженное в процентах к общему количеству, взятому для анализа.

### Расчет индекса токсичности воды

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывают **индекс токсичности ИТФ** оцениваемого фактора (энергии прорастания, всхожести, длины побегов и корней, массы проростков) для каждой тест-культуры:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФ}_к$$

где  $\text{ТФ}_0$  – среднее значение показателя в опыте (столбец 6);

$\text{ТФ}_к$  – среднее значение этого же регистрируемого показателя в контроле

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывают **индекс токсичности ИТФ** оцениваемого фактора (энергии прорастания, всхожести, длины побегов и корней, массы проростков) для тест-культуры:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФ}_к$$

где  $\text{ТФ}_0$  – среднее значение показателя в опыте (столбец 6);

$\text{ТФ}_к$  – среднее значение этого же регистрируемого показателя в контроле (столбец 7).

Для определения класса токсичности исследуемой воды используют шкалу токсичности.

### Шкала токсичности воды

Величина ИТФ	Класс токсичности
>1,10	VI (стимуляция)
0,91 – 1,10	V - норма
0,71 – 0,90	IV – низкая токсичность
0,50 – 0,70	III – средняя токсичность
< 0,50	II – высокая токсичность
Среда не пригодна для жизни тест-объекта	I – сверхвысокая токсичность, вызывающая гибель тест-объекта

### Интерпретация результатов:

Попарно сравнивают показатели каждой пробы с контролем и определяют существенность различий между ними. Как правило, достоверным считается результат, если средняя длина побегов и корней тестовых растений отличается от контрольной группы более чем на 20%. Подавление роста и развития растений на 30 и более процентов свидетельствует о загрязненности объекта. Может быть и так, что в тестовой группе растений эти показатели больше, чем в контрольной. Это возможно при высоком содержании в исследуемой воде питательных для растений минеральных солей. [5]

## Глава 2. Результаты исследования и их анализ

### 2.1. Агротехнические мероприятия

В таблицу 1 мы занесли основные проведенные агротехнические приемы

Таблица 1

#### Агротехнические мероприятия

Мероприятие	Дата
Дата посева семян	07.10.2021
1 полив	10.10.2021
2 полив	16.10.2021
3 полив	22.10.2021
Сбор для исследования	27.10.2021

Мы посеяли семена кресс-салата 7 октября в песок и поливали водой из природных водных источников, взятой в точках сбора. Было проведено 3 полива, затем растения 27.10.2021 были собраны и измерены.

### 2.2. Энергия прорастания семян и всхожесть.

Согласно методике исследования, на 4 день после посева провели оценку энергии прорастания семян. Результаты можно увидеть в рисунке 1.

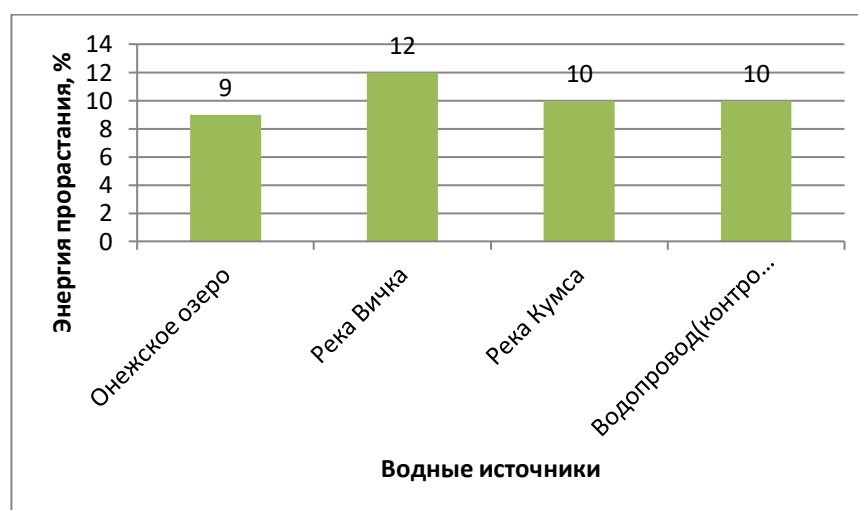


Рис. 1. Энергия прорастания семян кресс-салата.

Как видно из данного рисунка энергия прорастания невысока во всех опытных образцах. Выше всего она при поливе водой из реки Вичка. Контрольный вариант имеет одинаковые показатели с образцами из реки Кумса.

Мы изучили всхожесть растений кресс-салата при поливе водой из исследуемых водных источников. Результаты можно увидеть на рисунке 2.

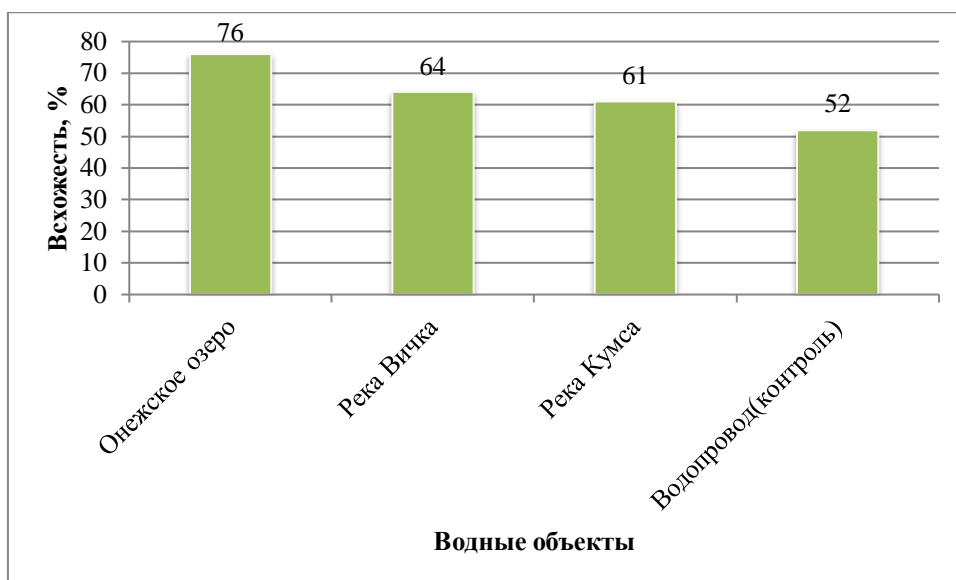


Рис.2. Всхожесть семян кресс-салата при поливе водой из исследуемых объектов

Как видно из данного рисунка во всех опытных образцах всхожесть составляет от 76% до 52%. Причем самую низкую всхожесть имеет контрольный вариант – водопроводная вода.

### 2.3. Влияние качества воды на массу кресс- салата

По достижению растениями кресс – салата размера 5-7 см, мы собрали растения, тщательно их очистили и высушили фильтровальной бумагой. Произвели взвешивание каждой повторности на электронных весах, провели математическую обработку. Результаты можно увидеть на рисунке 3.

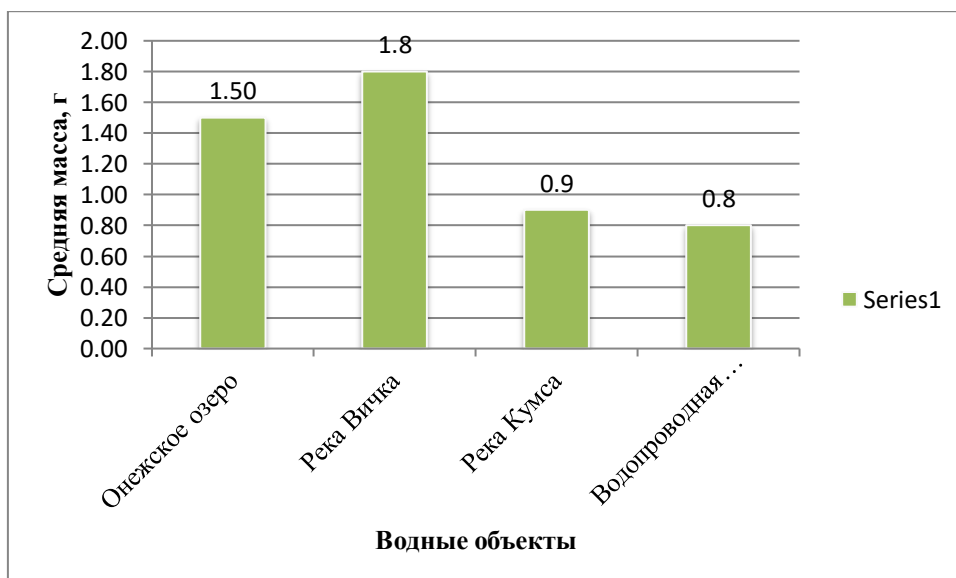


Рис.3. Влияние качества воды на массу растений кресс-салата

Как видно из данного рисунка растения кресс – салата, выращенные с использованием воды из разных источников имели разную массу. Самая низкая масса у растений кресс- салата, которых поливали водопроводной

водой. Средняя масса составила всего 0, 8 г. Вода из Онежского озера и реки Вичка оказались не такими токсичными для кресс-салата, и масса растений составила 1.5 г и 1.8 г, соответственно. Возможно, на качество водопроводной воды сказались ремонтные работы на водозаборной станции, которые проводили в период, когда мы брали воду для анализа.

#### 2.4. Влияние качества воды на длину корней и стеблей кресс-салата

Мы оценили влияние качества воды на длину стеблей и корней кресс-салата. Результаты можно увидеть в приложении 3 и таблице 2.

Таблица 2.

Сравнение длины корней и надземных побегов, в также массы проростков тест-культуры в экспериментальных пробах и в контрольной пробе.

Варианты	Длина корня			Длина стебля		
	Длина, мм	Достоверность результатов	% к контролю	Длина, мм	Достоверность результатов	% к контролю
Водопроводная вода (контроль)	35.4±3.7		100	52.6±0.7		100
Онега	67.8±2.03	7,6	142	75,2±0.8	18.7	192
Река Вичка	67.1±3.4	6.3	130	68.7±1.2	11.5	189
Река Кумса	64.6±3.7	5.6	128	67.1±1.8	8	182

Попарно сравнивали результаты каждого образца воды с контрольным результатом. Как можно увидеть из данной таблицы все результаты измерений являются достоверными, так как для наших опытов различия между объектами достоверны при коэффициенте достоверности  $\geq 3$ .

Также из данной таблицы видно, что длина корней и стеблей тестовых растений больше, чем в контрольном варианте, то есть не происходит подавления роста и развития опытных растений. По данной методике [5], результат опытных растений может быть выше, это говорит о том, что в опытных образцах воды содержится много питательных для растений минеральных веществ.

#### 2.5. Индекс токсичности оцениваемых факторов (ИТФ) исследуемых водных объектов

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитали индекс токсичности оцениваемого фактора (энергии прорастания, всхожести, длины побегов и корней, массы проростков) (ИТФ) для каждого

исследуемого водного источника. Результаты можно увидеть в приложении 2 и таблице 3

Таблица 3

## Индекс токсичности оцениваемых факторов

Фактор	ИТФ					
	Объекты исследования					
	Онежское озеро		Река Вичка		Река Кумса	
	ИТФ	Класс токсичности	ИТФ	Класс токсичности	ИТФ	Класс токсичности
Энергия прорастания	0.90	Низкая токсичность	1.20	стимуляция	1.00	норма
Всхожесть	1.50	стимуляция	1.20	стимуляция	1.20	стимуляция
Длина стебля	1.40	стимуляция	1.30	стимуляция	1.27	стимуляция
Длина корня	1.91	стимуляция	1.89	стимуляция	1.82	стимуляция
Масса проростков	1.87	стимуляция	2.25	стимуляция	1.13	стимуляция

Как видно из данной таблицы качество воды воздействовало на энергию прорастания при использовании воды Онежского озера, выявлена низкая токсичность, и воды из реки Кумса – ИТФ - норма. На все остальные факторы вода из исследуемых источников повлияла, как стимулятор роста. Очевидно в воде природных водоемов, подвергающимся сбросам города Медвежьегорска содержатся вещества, которые благоприятно воздействуют на рост и развитие растений на определенных этапах развития. Также можно предположить, что в водопроводной воде, подвергающейся обработке таких веществ уже нет.

## 2.6. Органолептические и химические показатели исследуемых водных объектов

### 2.6.1. Органолептические показатели воды водоемов города Медвежьегорска

Мы провели ряд органолептических исследований воды природных источников в городе Медвежьегорске и сравнили их с качеством водопроводной воды (контроль)

Изучили прозрачность воды природных объектов (таблица 4)

Таблица 4

## Определение прозрачности воды

Водный объект	Значение, см	Прозрачность
Онежское озеро	28	Маломутная
Река Вичка	20	Мутная
Река Кумса	20	Мутная
Водопроводная вода	30	Прозрачная

(контроль)		
------------	--	--

Как видно из данной таблицы, для питьевых целей по данному показателю может быть использована только водопроводная вода. (Приложение 5) Но жители нашего города используют для этих целей и воду из данных источников.

Также нами была сделана оценка запаха исследуемой воды. Результаты вы можете увидеть в таблице 5.

Таблица 5

#### Определение запаха воды

Водный объект	Характеристика запаха	Значение, балл
Онежское озеро	нет	0
Река Вичка	отчетливый	4
Река Кумса	слабый	2
Водопроводная вода(контроль)	нет	0

Согласно требованиям к питьевой воде (Приложение5) из всей исследованной воды нельзя употреблять только воду из реки Вичка. Все остальные источники пригодны для употребления.

#### 2.6.2. Химические показатели исследуемых водных объектов.

Также мы провели ряд исследований химического состава воды из данных объектов и сравнили их с нормами СанПина [8].

Нами было проведено определение жесткости воды (Приложение 5). Результаты можно увидеть в таблице 6.

Таблица 6

#### Определение жесткости воды

Водный объект	Значение, мг*эquiv/л	Характеристика
Онежское озеро	0,705	Мягкая
Река Вичка	0,55	Мягкая
Река Кумса	0,38	Мягкая
Водопроводная вода(контроль)	4	Средняя

По данному показателю, вся исследуемая вода пригодна для питьевых целей, так как по требованиям СанПин, жесткость такой воды может составлять от 0 до 7 мг\*эquiv/л. А наши обследуемые водоемы имеют жесткость от 0,38 до 4 мг\*эquiv/л. Превышена жесткость в водопроводной воде, возможно это стало причиной подавления роста и развития растений при поливе этой водой.

Исследовали количество хлоридов в воде поверхностных водных источников в городе Медвежьегорске. (таблица 7)

Таблица 7

Содержания хлоридов в воде исследуемых источников

Водный объект	Значение, мг/л
Онежское озеро	20,2
Река Вичка	37,2
Река Кумса	30,2
Водопроводная вода(контроль)	14

Как видно из данной таблицы содержание хлоридов в образцах воды из разных водных источников колеблется от 37,2 мг/л (река Вичка) до 14 мг/л в водопроводной воде. Концентрация хлоридов в водоемах допускается до 350 мг/л. Значит в наши образцы воды не имеют превышения ПДК по данному показателю.

Также мы провели исследования рН среды в данных образцах воды. Результаты занесли в таблицу 8.

Таблица 8

Определение рН среды

Водный объект	Значение
Онежское озеро	7,3
Река Вичка	7,2
Река Кумса	7,3
Водопроводная вода(контроль)	7,6

Все исследуемые образцы соответствуют нормам СанПин питьевой воды.

## Выводы

1. Энергия прорастания у всех исследуемых образцов была низкой. Всхожесть составляет от 76% до 52%. Самую низкую всхожесть имеет контрольный вариант – водопроводная вода.
2. Городские природные водные объекты повлияли на массу растений кресс-салата; Самая низкая масса у растений кресс-салата, которых поливали водопроводной водой. Средняя масса составила всего 0, 8 г. Вода из Онежского озера и реки Вичка оказали меньшее воздействие, и масса была выше.
3. Длина корней и стеблей тестовых растений больше, чем в контрольном варианте, то есть не происходит подавления роста и развития опытных растений. Это говорит о том, что в опытных образцах воды содержится много питательных для растений минеральных веществ. Различия достоверны.
4. Определили индекс токсичности воды поверхностных водных объектов города Медвежьегорска по росту и развитию кресс-салата. Выявлена низкая токсичность воды Онежского озера, и у воды из реки Кумса – ИТФ - норма, при воздействии на энергию прорастания. На все остальные факторы вода из исследуемых источников повлияла, как стимулятор роста.
5. Провели ряд органолептических и химических исследований воды природных источников города Медвежьегорска. Все показатели исследуемой воды по полученным показателям соответствует требованиям СанПин. [8]

## Заключение

Изначально мы предполагали, что самой некачественной водой, а значит и оказывающей сильное негативное влияние на растение – биоиндикатор окажется вода Онежского озера, так как сюда сбрасываются неочищенные стоки города Медвежьегорска. Но оказалось, что вода, из всех природных источников, в том числе и из Онежского озера, благоприятно повлияла на рост и развитие кресс-салата, очевидно в ней содержатся вещества, послужившие для растений стимуляторами роста. Хотя мы и не выявили в инструментальных исследованиях превышения ПДК по полученным нами показателям, возможно, на растение повлияли другие вещества, которые мы не смогли определить, так как не нашлось необходимых препаратов. Следовательно, работу надо продолжать, чтобы выяснить вещества, так воздействующие на качество воды, особенно той, которую пьют наши горожане. Можно предположить, что водные экосистемы настолько сложны, что оценить качество воды очень трудно.

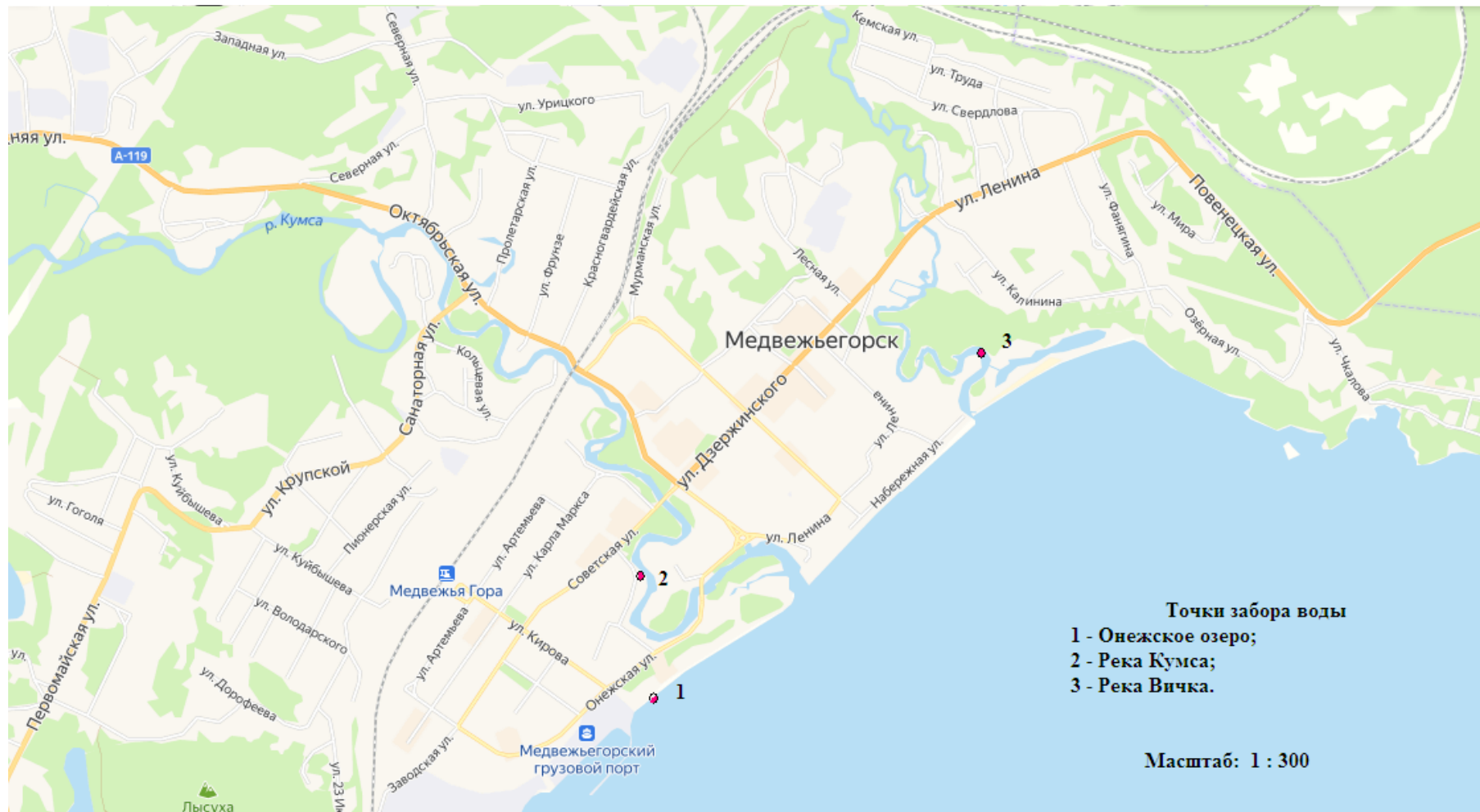
Хотим выразить благодарность работнику ГАПОУ РК "Петрозаводский техникум городского хозяйства" Алине Александровне Луцовой за помощь в проведение органолептического и химического анализа воды.

### Список использованной литературы

1. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение / А.Д. Булохов. - Брянск: Изд-во БГУ, 2004. — 245 с.
2. Викторов С. В. Индикационная геоботаника: Учеб пособие. / С. В. Викторов, Г. Л. Ремезова. —М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. — 168 с.  
ВИРО, 2006. –148с
3. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2019 году / Министерство природопользования и экологии Республики Карелия; [редкол.: А.Н. Громцев(гл. ред) и др.] – Петрозаводск. : Verso, 2020. -272с.
4. На приусадебном участке: Советы садоводу и огороднику. - Петрозаводск.: Карелия, 1991. -511с.
5. Радченко Н. М. Методы биоиндикации в оценке состояния окружающей среды: Учебно-методическое пособие. / Н. М Радченко., А. А. Шабунюв. – Вологда: Издательский центр ВИРО, 2006. –148с
6. Смирнова Л.А. Научно-исследовательская работа учащихся по растениеводству. / Л.А Смирнова. - Петрозаводск, 2005
7. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. — 416 с.
8. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий" [Электронный ресурс]:URL: [https://base.garant.ru/400289764/#block\\_1000](https://base.garant.ru/400289764/#block_1000)
9. Дзюбук И.М. 2014 Петр.ГУ Комплексное исследование на водоемах 29 с [Электронный ресурс]:URL: <http://elibrary.petsu.ru/book.shtml?id=20567>
10. Лозовик П. А., Развитие гидрохимических исследований в Карелии/ П. А . Лозовик, и др. Водная среда Карелии : исследование , использование , охрана [Электронный ресурс]:URL: [http://window.edu.ru/resource/729/68729/files/vodnaja\\_sreda\\_karelii.pdf](http://window.edu.ru/resource/729/68729/files/vodnaja_sreda_karelii.pdf)
11. Государственный водный реестр. [Электронный ресурс]:URL: <http://www.textual.ru>
12. Республика Карелия. Озера. [Электронный ресурс]:URL: <http://rk.karelia.ru/special-projects/100-simvolov-karelii/ozyora/>

## Приложение

Приложение 1. Карта – схема города Медвежьегорска с точками забора воды



Приложение 2. Оценка индекса токсичности по энергии прорастания и всхожести кресс-салата

Количество нормально проросших семян	Срок от высева, дней	Процент проросших семян в пробах			Процент проростков в контрольной пробе	Индекс токсичности фактора (ИТФ)		
		Онего	Вичка	Кумса		Онего	Вичка	Кумса
1	2	3	4	5	6	8	9	10
в срок определения энергии прорастания	4	9	12	10	10	0,9	1,2	1,0
Токсичность воды						Низкая	Стимулирующая	норма
в срок определения всхожести	21	76	64	61	52	1.5	1.2	1.2
Токсичность воды		слабая	средняя	средняя	средняя	Стимулирующая	Стимулирующая	Стимулирующая

Приложение 3. Сравнение длины корней и надземных побегов, в также массы проростков тест-культуры № 1 в экспериментальных пробах и в контрольной пробе.

Показатель	Срок от высева, дней	Значение показателя в пробах			Значение показателя в контрольной пробе	Индекс токсичности фактора ИТФ		
		Онего	Вичка	Кумса		Онего	Вичка	Кумса
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина корня, мм	21	67.8±2.0 3	67.1±3. 4	64.6±3. 7	35.4±3.7	1.9 1	1.8 9	1.8 2

Длина надземной части, мм	21	75,2±0.8	68.7±1.2	67.1±1.8	52.6±0.7	1.40	1.30	1.27
Масса проростков, г	21	1.5	1.8	0.9	0.8	1.87	2.25	1.13

#### Приложение 4. Кресс-салат для опытов.



#### Приложение 5. Определение органолептических и химических показателей воды

##### 1. Определение прозрачности по шрифту

Исследуемую воду хорошо взбалтываем и наливаем в цилиндр Снеллена на высоту, предположительно отвечающую прозрачности воды. Ставим цилиндр неподвижно над стандартным шрифтом Снеллена на расстоянии 4 см от основания, смотря на шрифт через столб воды на расстоянии 1 м от окна, исключая попадание прямого солнечного света. Если шрифт свободно не читается, то часть воды отливаем. Прозрачность определяем высотой столба жидкости с точностью до 0.5 см. по окончании исследования цилиндр всполаскиваем чистой водой. Прозрачная вода соответствует качеству питьевой воды. Данный параметр не нормируется

Значение, см	Прозрачность
Более 30	Прозрачная
25-30	Маломутная
20-25	Средней мутности
10-20	Мутная
Менее 10	Очень мутная

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды вода должна быть прозрачной.

## 2. Определение запаха воды

Для определения запаха и его характера испытываемую воду наливали в коническую колбу на 250 мл., заполняли ее на 2/3 объема и закрывали стеклом. Встряхивали вращательными движениями в закрытом состоянии, открывали и определяли запах. Допустимое значение для питьевой воды – 2 балла.

Баллы	Характеристика	Описание определения
0	Запаха нет	Отсутствие осязаемого запаха
1	Очень слабый	Запах не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый опытным путем
2	Слабый	Запах не привлекающий внимания потребителя, но обнаруживаемый им, если указать на него
3	Заметный	Запах легко обнаруживаемый и могущий дать повод относиться к воде с неодобрением
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду неприятным для питья
5	Очень сильный	Запах сильный настолько, что делает воду непригодной для питья

## 3. Жесткость

Жесткость воды – это совокупность физических процессов в воде, связанных с содержанием в ней растворимых солей щелочноземельных металлов, главным образом кальция и магния (солей жесткости). В природных условиях эти элементы попадают в воду вследствие воздействия углекислого газа на карбонатные минералы, а также в результате биохимических процессов в почве.

Различают карбонатную и некарбонатную жесткость.

Метод определения жесткости основан на образовании комплексных соединений трилона Б с ионами щелочноземельных элементов. Определение проводят титрованием пробы раствором трилона Б в присутствии индикатора. По СанПиН питьевая вода=0-7 мг-экв/л

Степень жесткости природных вод

Характеристика	Жесткость мг*экв/л
Мягкая	<4
Средней жесткости	4-8
Жесткая	8-12
Очень жесткая	>12

Растворы и материалы: раствор трилона Б 0,1М аммиачно-буферный раствор, индикатор хромоген темно-синий.

#### Выполнение измерений

В коническую колбу объемом 250 мл помещают первую часть пробы анализируемой воды объемом 100мл, затем 5 мл буферного раствора, 5-7 капель индикатора и титруют раствором трилона Б до изменения окраски от красно-фиолетового до синей.

Вторую часть пробы объемом 100 мл помещают в колбу вместимостью 250 мл, добавляют 5 мл буферного раствора, 5-7 капель индикатора, добавляют раствор трилона Б, которого берут на 0.5 мл меньше, чем пошло на первое титрование. Быстро и тщательно перемешивают и дотитровывают. За результат принимают среднеарифметическое значение двух определений.

$$Ж = \frac{a \cdot N \cdot K \cdot 1000}{100}, \text{ мг*экв/л}$$

a- объем трилона Б

N- нормальность трилона Б

K –коэффициент поправки трилона Б

#### 4. Определение рН среды

Опустить край индикаторной бумаги в воду на 1 секунду. Затем извлечь полоску, положить ее на белую поверхность и спустя 20 секунд сравнить цвет полоски с цветом шкалы. Норма рН для питьевой воды 6-9.

#### 6. Определение содержания хлорид-ионов.

Концентрация хлоридов в водоемах – источниках водоснабжения допускается до 350 мг/л. Хлориды определяются титрованием пробы анализируемой воды нитратом серебра в присутствии хромата калия или индикатора. Нитрат серебра дает с хлорид-ионами белый осадок, а с хлоридом калия – кирпично-красный осадок хромата серебра. Появление оранжево-бурой окраски свидетельствует о конце реакции. Титрование можно проводить в нейтральной или слабощелочной среде. Пробу объемом 50 мл помещают в коническую колбу для титрования, прибавляют 1 мл 10% раствора хромата калия и титруют раствором нитрата серебра до перехода желтой окраски раствора в оранжево-бурую. Вычисляют по формуле

$$CCl \text{ -мг/л} = V (AgNO_3) C_э(AgNO_3) M_э(Cl) 1000 / V_{пр}$$

Где  $M_э(Cl)$ -молярная масса эквивалента хлора, равная 35,5 г/моль,

$V (AgNO_3)$ -объем раствора нитрата серебра, пошедший на титрование, мл.,

$V_{пр}$ -объем пробы воды, взятой для титрования, мл.