

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРНЫЙ ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК «КВАНТОРИУМ»



ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ
«ВОЛОНТЕРЫ МОГУТ ВСЕ»

ТЕМА ПРОЕКТА: «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОЗЕР
ГОРОДА СЕВЕРОДВИНСКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ»

ПО НОМИНАЦИИ: «СКАЖЕМ НЕТ УРОНУ ПРИРОДЕ»

Работу выполнили

Долганова Екатерина Алексеевна

Тышик Валерия Игоревна

Суркова Галина Дмитриевна

Научный руководитель

Пахолкова Мария Сергеевна

Северодвинск, 2023

Оглавление

Паспорт проекта	3
Введение	6
Литературный обзор.....	8
Практическая часть	9
Итоги.....	18
Выводы	19
Литературные источники	22

Паспорт проекта

<p>Полное название проекта</p>	<p>Оценка качества поверхностных вод озера города Северодвинска методом биотестирования</p>
<p>Автор проекта (ФИО, дата рождения, полный почтовый адрес, мобильный телефон, электронная почта, ссылка ВК)</p>	<p>Долганова Екатерина Алексеевна, 18.06.2006, г. Северодвинск ул. Торцева 14, дом 92, +79523008918, dolganova_06@bk.ru, https://vk.com/id470873793</p>
	<p>Тышик Валерия Игоревна, 12.06.2006, г. Северодвинск ул. Труда д.60 кв.34, +79110579000, lera.tyshik@gmail.com, https://vk.com/lera_tyshik</p>
	<p>Суркова Галина Дмитриевна, 16.02.2006, г.Северодвинск, ул. Капитана Воронина д.26, кв. 1, +79115765893, gasyasurkova@gmail.com, https://vk.com/id267335518</p>
<p>Организация - заявитель</p>	<p>Муниципальное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Северный детский технопарк «Кванториум» 164504 Россия, г. Северодвинск, улица Воронина, 27А (корпус 1) 164504 Россия, г. Северодвинск, улица Карла Маркса, 24А (корпус 2) Телефон: (8184)-58-21-63 Электронная почта: kvant@sevk.ru»</p>
<p>Цель проекта</p>	<p>Провести исследование воды озера города Северодвинска методом биотестирования с применением культуры водорослей, основанным на определении изменения их характеристик в опытных пробах и относительно контроля, с целью популяризации экомониторинга среди старших школьников.</p>
<p>Задачи проекта</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести анализ литературных источников, выбрать подходящую методику биотестирования. 2. Изучить и освоить метод альготестирования с помощью <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.

	<p>3. Провести сбор образцов воды с берегов озер: Театральное, Первостроителей, Новое.</p> <p>4. Провести биотестирование на отобранных образцах.</p> <p>5. Сделать выводы по проведенному исследованию.</p> <p>6. Найти потенциальных партнеров для популяризации биотестирования, привлечения внимания граждан к проблемам загрязнения водных источников.</p> <p>7. Разработать методику и набор для проведения биотестирования в условиях школьного кабинета биологии</p>
Целевая аудитория	Школьники, экологи, жители Архангельской области, города Мурманска, города Северодвинска
Сроки и период реализации проекта	Сентябрь 2022 - по настоящее время
География проекта	г. Северодвинск, г. Мурманск, г. Великие Луки в дальнейшем при масштабировании возможно проведение подобного исследования в любом городе России
Краткое описание механизма реализации проекта	Город Северодвинск – крупный промышленный город, где основными источниками загрязнения окружающей среды в городе являются предприятия теплоэнергетики (ОАО «ТГК-2» филиалы «Северодвинская ТЭЦ-1» и «Северодвинская ТЭЦ-2»), машиностроения и металлообработки (АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка»), пищевой промышленности, автомобильный и железнодорожный транспорт. Водные объекты и другие компоненты окружающей среды часто загрязняются сложными смесями химических веществ, которые могут представлять угрозу для экосистем и здоровья человека. В программе мониторинга состояния окружающей среды города оценка качества поверхностных вод занимает одно из главных мест. Проводимый на озёрах Северодвинска в рамках экологического

	<p>мониторинга контроль качества воды по химическим показателям, несомненно, имеет большое значение, но наиболее полное представление о состоянии поверхностных вод города может дать сочетание химического и биологического мониторинга. На данный момент в городе биотестированием вод занимаются только промышленные предприятия АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка», проводящие исследования для строго ограниченного пользования, поэтому было принято решение провести биологический мониторинг наиболее часто посещаемых водных объектов г. Северодвинска. Одним из этапов работы, стала взаимосвязь с коллегами из Мурманска и Великих Лук, которым мы предложили провести подобное исследование, для масштабирования проекта и создания мониторинга загрязнений. На данный момент, нами подобрана и протестирована методика альгоиндикации, собраны пробные наборы для биотестирования, готовые к отправке в г. Мурманск и г. Великие Луки. К моменту схода снегового покрова школьники и преподаватели начнут работу в направлении биотестирования водоемов, находящихся в черте этих городов.</p>
<p>Достигнутые (ожидаемые) результаты проекта (количественные и качественные)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведено биотестирование поверхностных вод озер Первостроителей, Рефулёрное и Театральное. 2. Подготовлен набор для проведения альгоиндикации поверхностных вод пресных озер г. Мурманска и г. Великие Луки. 3. Налажено взаимодействие с общественными организациями г. Северодвинска и Архангельска. 4. Ведется поиск финансирования для масштабирования проекта.
<p>Привлеченные партнеры проекта</p>	<ul style="list-style-type: none"> • https://vk.com/yagrobor Общество Защиты Ягринского Бора

	<ul style="list-style-type: none"> • https://vk.com/kryshkinablago Крышечки на благо • Государственное автономное нетиповое образовательное учреждение Мурманской области «Центр образования «Лапландия» • Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования Псковской области «Псковский областной центр развития одаренных детей и юношества» Структурное подразделение «Детский технопарк «Кванториум» в городе Великие Луки»
Мультипликативность	В данный момент авторами проекта составлена приблизительная смета и состав набора для биотестирования. Примером для тиражируемости проекта стал «Интернет бактерий» Главная - Интернет Бактерий (internetofbacteria.org)
Приложения	В тексте

Введение

Город Северодвинск – крупный промышленный город, где основными источниками загрязнения окружающей среды в городе являются предприятия теплоэнергетики (ОАО «ТГК-2» филиалы «Северодвинская ТЭЦ-1» и «Северодвинская ТЭЦ-2»), машиностроения и металлообработки (АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка»), пищевой промышленности, автомобильный и железнодорожный транспорт. Водные объекты и другие компоненты окружающей среды часто загрязняются сложными смесями химических веществ, которые могут представлять угрозу для экосистем и здоровья человека [11], так, например, одним из наиболее часто встречающихся загрязняющих соединений являются алифатические амины (А.А), представляющие собой соединения, в которых атомы водорода аммиака замещены углеводородными радикалами. В поверхностные водоемы А.А. могут поступать со сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также из неорганизованных источников (свалки промышленных и бытовых отходов и др.) в результате смыва дождевыми, талыми и ирригационными водами. Для большинства А.А. характерна высокая стабильность в воде при обычных условиях. В сточных водах производств, на которых применяются А.А., их содержание достигает 300 и даже 1000 - 2000

мг/л, а в водоеме, куда поступают такие сточные воды, А.А. обнаруживались на расстоянии до 96 км [12,13].

Биологический мониторинг способен расширить и углубить систему знаний и методов о наблюдении, оценке и прогнозе состояния биотической составляющей биосферы в целях создания основы для управления качеством окружающей среды [10,14].

В последнее время все большее значение приобретают методы прямой оценки токсичности водной среды с помощью биоиндикаторов. Биотестирование – это оценка качества исследуемых объектов *ex situ* (сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания) на основе реакций лабораторных тест-организмов по строго определенным поддающимся учету характеристикам - тест-функциям [1,20]. Оно применяется как для установления токсичности исследуемых проб по изменению признаков лабораторных тест-культур, сигнализирующих об опасности, так и для выявления стимулирующих эффектов, независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-организмов. Этот способ является многофункциональным, простым и дешевым [15]. Благодаря простоте, оперативности и доступности биотестирование получило широкое признание во всем мире. Практика биотестирования представлена широким спектром методик и используемых тест-организмов [2,3]. Наиболее распространенными тест-организмами являются гидробионты - представители различных трофических уровней водных экосистем: ракообразные (дафнии, цериодафнии), водоросли (хлорелла, сценедесмус), макрофиты, простейшие (инфузории разных видов), коловратки, рыбы, личинки водных насекомых (хинономиды) и некоторые другие [4]. Причем для каждого тест-организма предлагается оценивать разные тест-функции. Водорослям принадлежит ведущая роль в синтезе органического вещества, а также в формировании качества природных вод, что определило их широкое применение для оценки токсичности веществ различных классов (тяжелых металлов, хлора, фосфор- и хлорорганических соединений, поверхностно-активных веществ и др.).

Достоинства метода биотестирования для интегральной и экспрессной оценки качества воды все больше привлекают в последние годы внимание исследователей, в том числе гигиенистов [19].

Разработаны проекты ГОСТов по определению токсичности воды на дафниях и инфузориях. Биотестирование воды с их помощью введено в обязательный перечень показателей для рыбохозяйственных водоемов [5,16,]. При этом под гигиенической значимостью подразумевается токсичность для человека [17,18].

Актуальность: В программе мониторинга состояния окружающей среды города оценка качества поверхностных вод занимает одно из главных мест. Проводимый на озёрах Северодвинска в рамках экологического мониторинга контроль качества воды по химическим показателям, несомненно, имеет большое значение, но наиболее полное представление о состоянии поверхностных вод города может дать сочетание химического и

биологического мониторинга. На данный момент в городе биотестированием вод занимаются только промышленные предприятия АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка», проводящие исследования для строго ограниченного пользования.

Цель: провести исследование воды озер города Северодвинска методом биотестирования с применением культуры водорослей (или альготестирование) основанным на определении изменения их характеристик (прироста численности, интенсивности флуоресценции хлорофилла и др.) в опытной пробе (при воздействии токсикантов) относительно контроля, а так же осуществления популяризации биотестирования и экологического мониторинга водных объектов среди старших школьников.

Задачи:

1. Провести анализ литературных источников.
2. Изучить и освоить метод альготестирования с помощью *Chlorella vulgaris* Beijer.
3. Провести сбор образцов воды с берегов озер: Театральное, Первостроителей, Новое.
4. Провести биотестирование на отобранных образцах.
5. Сделать выводы по проведенному исследованию.

Литературный обзор

Места исследования

Театральное озеро в Северодвинске находится в самом центре города и называется так потому, что расположено за городским драматическим театром. Это любимое место отдыха многих горожан, там можно полюбоваться красивым видом, отдохнуть на скамейках от городской суеты. Это озеро искусственного происхождения, раньше называлось просто котлованом - при строительстве города отсюда брали песок для засыпки болота, так и образовался этот водоем. Озеро Первостроителей - технический водоем, тут нельзя плавать, поэтому купающихся людей и лодочек вы тут не



Рисунок 1 - Сбор образцов воды

увидите. Оно искусственного происхождения, это озеро рефулёрное - во время строительства нашего города отсюда брали песок. А также озеро Новое, пользующееся большим спросом у рыболовов.

Требования к тест-культуре

Пригодность культуру водорослей к биотестированию оценивают по реакции на токсикант сравнения Периодически (один раз в два месяца)



Рисунок 2- Внешний вид клеток *Chlorella vulgaris*

необходимо проверять чувствительность культуры водорослей к эталонному токсиканту бихромату калия — $K_2Cr_2O_7$. Бихромат калия в концентрациях 1,3 — 2,5 мг/дм³ за 48 ч или 0,2 — 2,0 мг/дм³ за 72 часа должен вызвать 50 %-ное снижение численности клеток микроводорослей. Если результаты опытов не укладываются в указанный интервал, следует проверить правильность приготовления исследуемых растворов, температуру культивирования и состояние культуры водорослей.

Выбор метода исследования и культуры.

Альгоиндикация - это метод оценки чистоты воды с помощью водорослей. Водоросли являются биоиндикаторами, то есть одни живут только в чистых водах и не терпят загрязнения (олигосапробы), другие обитают в условиях умеренного загрязнения (мезосапробы – альфа, бета), а третьи предпочитают загрязненную воду. Выбранный мною биоиндикатор- *Chlorella vulgaris* [7]. Хлорелла относится к одноклеточным водорослям. Клетки шаровидные с тонкой оболочкой, без слизи. Хроматофор чашевидный, с пиреноидом. Размножение автоспорами, образующимися по 4-8, реже по 16 внутри материнской клетки и освободившимися через разрыв ее оболочки. Широко распространенный вид в планктоне пресных водоемов [8].

Практическая часть

Проверка биотестированием

Для целей практического экоконтроля аттестованными методиками предписывается определение изменение прироста численности клеточной

популяции водорослей или флуоресцентных показателей в опыте относительно контроля. Общее число клеток считают в камере Горяева (для культур пресноводных микроводорослей). Стандартный объем данной камеры $0,0001 \text{ см}^3$ (камера Горяева) и $0,1$.

Методика биотестирования вод

В большую колбу объемом $1-2 \text{ дм}^3$ с предварительно приготовленной средой Успенского №1 стерильно вносят плотную культуру водорослей (в экспоненциальной фазе роста) до получения численности $30-50 \text{ тыс. кл/см}^3$ (слабое бледно-зеленое окрашивание). Объем среды для культивирования водорослей определяется количеством опытных и контрольных колб. Например, для постановки опыта с пятью концентрациями токсиканта в трехкратной повторности для каждой концентрации и контроля потребуется $1,8 \text{ дм}^3$ культуры водорослей при объеме пробы 100 или 900 см^3 культуры водорослей при объеме пробы 50 см^3 . Культуру водорослей численностью $30-50 \text{ тыс. кл/см}^3$ стерильно разливают по опытным колбам (по 50 или 100 см^3 , в зависимости от объема колбы) и добавляют объем раствора токсиканта, необходимый для создания той или иной его концентрации в пробе. Колбы помещают в люминостат или в хорошо освещенное место, защищенное от прямых солнечных лучей. Через 72 ч биотестирование заканчивают. Опыты ставятся без смены растворов в $3 - 5$ повторностях для получения статистически значимых результатов. В каждой колбе учитывают численность клеток на $1, 2$ и 3 сутки для определения наличия острого токсического действия пробы воды. При необходимости, в отсутствие острого токсического действия, исследуют наличие хронической токсичности, для чего биотестирование продолжают до 14 суток. Подсчет клеток водорослей проводят в остром опыте ежедневно, в хроническом на $1, 2, 3, 4, 7, 10, 14$ сутки. На 14 сутки от начала эксперимента опыт прекращают и устанавливают, оказывают ли исследуемые концентрации вещества хроническое токсическое действие [9].



Рисунок 3 - Проведение исследования

Таблица 1 - Состав среды Парта для культивирования водорослей

Соли	Содержание в среде, г/дм ³
KNO ₃	0,100
MgSO ₄ *7H ₂ O	0,100
KH ₂ PO ₄	0,100
FeCl ₂ *6H ₂ O	0,001

Подсчет, проводимый с помощью камеры Горяева

Для целей практического экоконтроля аттестованными методиками предписывается определение изменение прироста численности клеточной популяции водорослей или флуоресцентных показателей в опыте относительно контроля. Общее число клеток считают в камере Горяева (для культур пресноводных микроводорослей) или Нажотта (для культур морских микроводорослей). Стандартный объем данных камер 0,0001 см³.

При работе с камерой Горяева удобно просчитать количество клеток в 25 больших квадратах, а затем провести пересчет на 1 мл (1 см³) по следующей формуле:

$$X = t * 10^4,$$

где X — общее количество клеток в 1 см³;

t — количество (сумма) клеток в 25 больших квадратах.

Количество клеток выражают в тысячах и миллионах на 1 см³. Каждую повторность (3-5 повторностей) пробы просчитывают не менее 2 раз (2 сетки). Если значения сильно разнятся, считают большее число раз до получения близких результатов.

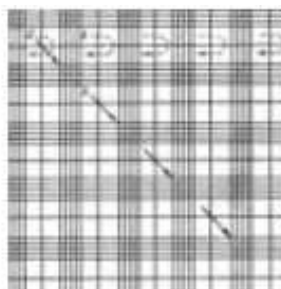


Рисунок 4 - Камера Горяева и схема подсчета клеток

Таблица 2 - Аналоги исследования

Дата протокола анализа проб	Наименование показателя	Название точки отбора	Концентрация, мг/л	Неопределенность, +/-мг/л	ПДКрх	Превышения ПДКрх	НД на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7	8
17 июня 2022 г.	Водородный показатель	о Рефулерное (фоновый)	7,000	0,200			ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
17 июня 2022 г.	Взвешенные вещества	о Рефулерное (фоновый)			35,95		ПНД Ф 14.1:2.110-97
17 июня 2022 г.	Сульфат-ион	о Рефулерное (фоновый)	28,000	6,000	100,000		ПНД Ф 14.1:2.159-2000
17 июня 2022 г.	Биологическое потребление кислорода (мгО ₂ /л)	о Рефулерное (фоновый)			3,0		ЦВ 3.01.16-01"А"
17 июня 2022 г.	Алюминий (растворенная форма)	о Рефулерное (фоновый)	0,390	0,090	0,040	9,750	ПНД Ф 14.1:2:4.166-2000
07 июля 2022 г.	Водородный показатель	о Рефулерное (фоновый)	7,400	0,200			ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97

07 июля 2022 г.	Взвешенные вещества	о Рефулерное (фоновый)	249,0	25,0	35,95	6,926	ПНД Ф 14.1:2.110-97
07 июля 2022 г.	Сульфат-ион	о Рефулерное (фоновый)	82,000	12,000	100,000		ПНД Ф 14.1:2.159- 2000
07 июля 2022 г.	Биологическое потребление кислорода (мгО2/л)	о Рефулерное (фоновый)	275,0	83,0	3,0	91,667	ЦВ 3.01.16- 01"А"
07 июля 2022 г.	Алюминий (растворенная форма)	о Рефулерное (фоновый)	0,000		0,040		ПНД Ф 14.1:2:4.166- 2000
1	2	3	4	5	6	7	8
02 августа 2022 г.	Водородный показатель	о Рефулерное (фоновый)	7,000	0,200			ПНД Ф 14.1:2:3:4.121- 97
02 августа 2022 г.	Взвешенные вещества	о Рефулерное (фоновый)	334,0	33,0	35,95	9,291	ПНД Ф 14.1:2.110-97
02 августа 2022 г.	Сульфат-ион	о Рефулерное (фоновый)	78,000	11,000	100,000		ПНД Ф 14.1:2.159- 2000
02 августа 2022 г.	Биологическое потребление кислорода (мгО2/л)	о Рефулерное (фоновый)	600,00	180,00	3,0	200,000	ЦВ 3.01.16- 01"А"

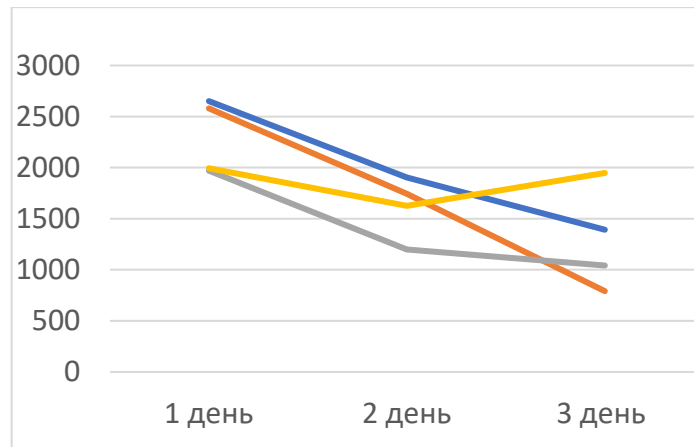
02 августа 2022 г.	Алюминий (растворенная форма)	о Рефулерное (фоновый)	0,300	0,070	0,040	7,500	ПНД Ф 14.1:2:4.166- 2000
19 сентября 2022 г.	Водородный показатель	о Рефулерное (фоновый)	7,400	0,200			ПНД Ф 14.1:2:3:4.121- 97
19 сентября 2022 г.	Взвешенные вещества	о Рефулерное (фоновый)	39,0	8,0	35,95	1,085	ПНД Ф 14.1:2.110-97
19 сентября 2022 г.	Сульфат-ион	о Рефулерное (фоновый)	138,000	21,000	100,000	1,380	ПНД Ф 14.1:2.159- 2000
19 сентября 2022 г.	Биологическое потребление кислорода (мгО ₂ /л)	о Рефулерное (фоновый)	25,0	8,0	3,0	8,333	ЦВ 3.01.16- 01"А"
19 сентября 2022 г.	Алюминий (растворенная форма)	о Рефулерное (фоновый)	0,380	0,090	0,040	9,500	ПНД Ф 14.1:2:4.166- 2000
29 сентября 2022 г.	Водородный показатель	о Рефулерное (фоновый)	7,400	0,200			ПНД Ф 14.1:2:3:4.121- 97
29 сентября 2022 г.	Взвешенные вещества	о Рефулерное (фоновый)	17,0	3,0	35,95		ПНД Ф 14.1:2.110-97

1	2	3	4	5	6	7	8
29 сентября 2022 г.	Сульфат-ион	о Рефулерное (фоновый)	118,000	18,000	100,000	1,180	ПНД Ф 14.1:2.159- 2000
29 сентября 2022 г.	Биологическое потребление кислорода (мгО2/л)	о Рефулерное (фоновый)	13,0	4,0	3,0	4,333	ЦВ 3.01.16- 01"А"
29 сентября 2022 г.	Алюминий (растворенная форма)	о Рефулерное (фоновый)	0,000		0,040		ПНД Ф 14.1:2:4.166- 2000
31 октября 2022 г.	Водородный показатель	о Рефулерное (фоновый)	7,400	0,200			ПНД Ф 14.1:2:3:4.121- 97
31 октября 2022 г.	Взвешенные вещества	о Рефулерное (фоновый)	55,0	5,0	35,95	1,530	ПНД Ф 14.1:2.110-97
31 октября 2022 г.	Сульфат-ион	о Рефулерное (фоновый)	124,000	19,000	100,000	1,240	ПНД Ф 14.1:2.159- 2000
31 октября 2022 г.	Биологическое потребление кислорода (мгО2/л)	о Рефулерное (фоновый)	41,0	12,0	3,0	13,667	ЦВ 3.01.16- 01"А"
31 октября 2022 г.	Алюминий (растворенная форма)	о Рефулерное (фоновый)	0,000		0,040		ПНД Ф 14.1:2:4.166- 2000

31 октября 2022 г.	Сухой остаток	о Рефулерное (фоновый)	0,000		3,0		ПНД Ф 14.1:2:4.114- 97
31 октября 2022 г.	Температура, 0С	о Рефулерное (фоновый)	6,000	0,200	0,040	150,000	ПНД Ф 12.16.1-10

Итоги

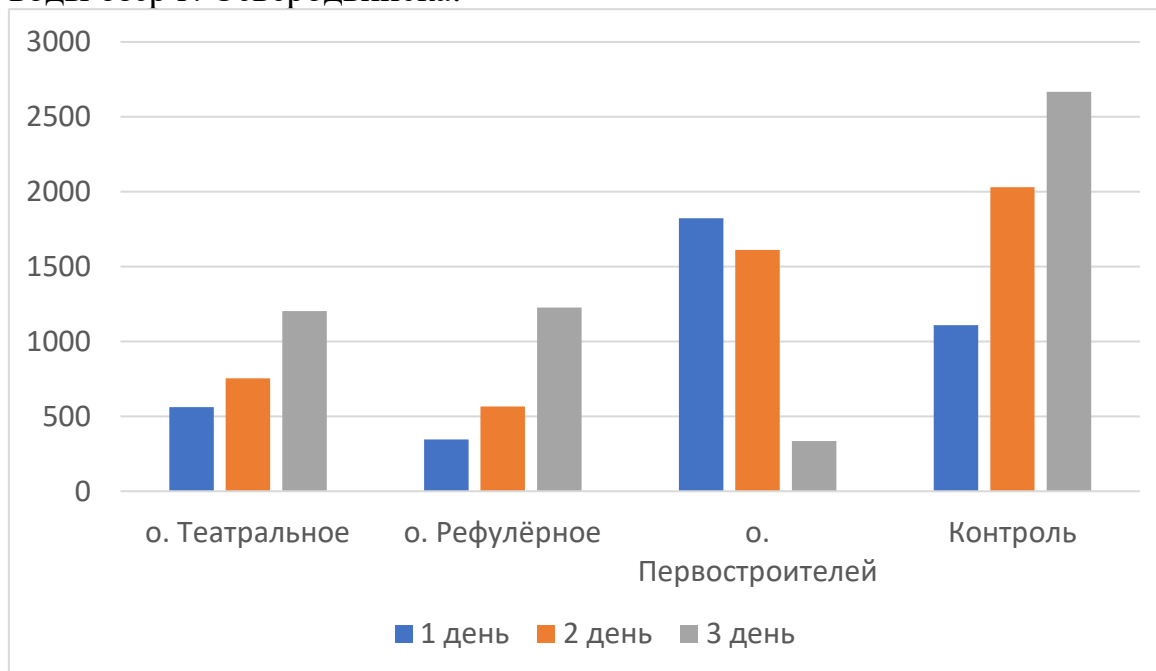
График 1 - Динамика численности клеток *Chlorella vulgaris* в присутствии токсиканта $K_2Cr_2O_7$ различной концентрации.



- Токсикант $K_2Cr_2O_7$, 2,5 мг/л
- Токсикант $K_2Cr_2O_7$, 2,0 мг/л
- Токсикант $K_2Cr_2O_7$, 1,5 мг/л
- Контроль (dH₂O)

В первые 48 часов эксперимента в присутствии токсиканта различной концентрации гибло в среднем 30 % клеток *Chlorella vulgaris*, по окончании эксперимента (через 72 ч после начала) обнаруживалось от 30 до 50% живых клеток *Chlorella vulgaris*. Быстрее всего клетки гибли в растворе токсиканта концентрацией 2,0 мг/л. В дистиллированной воде (контроль) выживаемость клеток была стабильно высокой.

График 2 - Динамика численности клеток *Chlorella vulgaris* в пробах воды озёр г. Северодвинска.



В пробе воды из озера Театральное через 72 часа с начала эксперимента численность клеток увеличилась вдвое, а в озере Рефулёрное аж в 3,5 раза. А вот в воде из озера Первостроителей к третьему дню эксперимента произошёл резкий спад численности клеток: погибло 82% *Chlorella vulgaris*. Это почти в 3 раза больше, чем в присутствии концентрированного токсиканта ($K_2Cr_2O_7$ 2,5 мг/л).

Выводы

После проведенного исследования, можно сказать, что в токсиканте концентрацией 2,5 мг/л на пятый день было уничтожено 47% микроводорослей в то время, как в озере Первостроителей за пятый день было уничтожено 82 % микроводорослей. Это значит, что состояние воды в озере Первостроителей – токсично. В озере Театральном и рефулерном количество хлорелл возросло, следовательно, в воде предполагается большое содержание азота. Большое содержание азота возможно из-за слива в озера сточных вод. Анализируя данные ПДКрх, полученные организацией по оценке качества водной среды озера Рефулерного города Северодвинска (таблица 2), и сравнив с результатами исследования в (см. рис. 6, 7), можно сказать, что в водах действительно присутствуют превышения по содержанию алюминия, взвешенных веществ.

Во время проведения исследования нам удалось научиться определять летальность тест-организмов, улучшить свои навыки работы в лаборатории, а также повысить свою компетентность в планировании и проведении научных исследований. Полученный опыт, в будущем, мы сможем использовать для

продолжения данного исследования и проведения других более масштабных научных работ.

Нашим проектом заинтересовались экологи и эко-активисты нашего города, нам будет интересно привлечь школьников к проблеме токсичности и загрязнения поверхностных вод пресных источников.

В дальнейшем развитии проекта, планируется провести оценку качества среды методами биомониторинга с помощью других культур водорослей, а также взять больше проб озер Архангельской области для проведения экспериментов, чтобы сделать вывод о токсичности или чистоте пресных вод области, так же планируется масштабировать проект и отправить разработанный нами набор для биотестирования пресных вод различных водоемов в г. Мурманск и г. Великие Луки.

Таблица 3 Изменение общей численности клеток *Chlorella vulgaris* в присутствии бихромата калия

	2,5 мг/л		2 мг/л		1,5 мг/л		контроль	
1 день	1970	100 %	2580	100%	2651	100%	1994	100%
3 день	1199	60,86%	1744	67,60%	1903	71,78%	1626	81,54%
5 день	1042	52,89%	791	30,65%	1392	52,5%	1948	97,69%

Таблица 4

Токсикант $K_2Cr_2O_7$, 2,5 мг/л			Токсикант $K_2Cr_2O_7$, 2 мг/л			Токсикант $K_2Cr_2O_7$, 1,5 мг/л			Контроль (дист вода)		
1 день	3 день	5 день	1 день	3 день	5 день	1 день	3 день	5 день	1 день	3 день	5 день
33	53	38	149	79	38	83	83	84	100	65	79
41	63	66	126	91	42	117	75	100	80	62	96
42	56	74	119	97	26	83	102	57	70	72	84
23	85	75	142	103	20	97	90	64	85	101	90
26	79	60	105	84	30	88	84	66	97	62	29
63	51	45	104	82	62	84	81	28	91	99	79
89	37	46	123	72	60	157	66	52	64	106	91
49	51	60	104	101	43	80	107	86	101	82	97
53	55	38	130	84	23	99	107	57	83	101	99
58	57	27	112	132	35	133	166	21	98	80	122
106	69	57	98	83	56	134	78	76	99	64	67
207	76	50	111	57	51	176	87	76	105	56	30
176	58	65	130	37	48	175	82	69	124	74	35
133	61	40	118	76	42	139	91	36	86	98	34
256	73	70	141	46	52	171	132	67	88	120	28
118	48	62	151	119	34	139	113	100	84	96	26
109	47	49	158	117	38	144	101	57	89	59	12

126	52	50	166	97	38	121	94	69	94	94	95
114	74	40	159	90	23	247	87	87	100	60	71
148	54	30	134	97	30	184	77	140	256	75	82
1970	1199	1042	2580	1744	791	2651	1903	1392	1994	1626	1346
19700 000	11990 000	10420 000	25800 000	17440 000	7910 000	26510 000	19030 000	13920 000	19940 000	16260 000	13460 000
100%	61%	53%	100%	68%	31%	100%	72%	53%	100%	82%	68%

Литературные источники

1. ФР.1.31.2009.06301; ПНД Ф 14.1:2:4:15-09 (16.1:2:2.3:3.13-09) Методика выполнения измерений индекса токсичности почв, почвогрунтов вод и отходов по изменению подвижности половых клеток млекопитающих *in vitro*
2. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОЗЕРА КОПА С ПОМОЩЬЮ КЛЕТОК *CHLORELLA SP-3K* Онерхан Г. 1 , Дурмекбаева Ш.Н.2 , Ахметова Н.П.3
3. Методическое руководство по биотестированию воды. РД 118-02-90.- М.- 1991. -48с.
4. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06). Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus
5. Методические рекомендации по установлению предельно - допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов.- ВНИРО.М.,1986.
6. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.7-04). Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer).
7. Биотестирование в экологическом контроле /под ред. В.А. Тереховой) /М.: ГЕОС, 2017 - 70 с Авторы: В.А. Терехова, Д.М. Гершкович, М.М. Гладкова, В.И. Ипатова, Е.Ф. Исакова, О.В. Николаева, А.А. Рахлеева, Е.В.Федосеева
8. Биотестирование качества среды с использованием гидробионтов. Раздел большого практикума по гидробиологии: Учебно-методическое пособие/ О. Ф. Филенко, Е.Ф. Исакова, Д. М. Гершкович и др. — Москва: Москва, 2015. — С. 44
9. Лесников, Л. А., Мосиенко, Т. К. (1992), Приемы биоиндикации, биотестирования при текущем надзоре за загрязненностью водных объектов и выявлении превышения их ассимилирующей способности. Методические указания. С.-Пб.
10. Вавилова, М. В., Терехова, В. А. (2008), Технологии биотестирования: Экотоксикологическая оценка объектов окружающей среды. М.: Издательство МГУ, 82 с.
11. Смирнова Р. Д., Павленко С. М., Олечник Е.Е. М. // Про-мышленные загрязнения водосмов.-М., 1967.-Вып. 8.-С. 186-194 .
12. Бродериус С. Я. Определение молекулярной синильной кислоты в воде исследования химического состава и токсичности для рыб из металлоанидных комплексов: Кандидатская диссертация.- Орегон, 1973

13. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения/Под ред.Б. А. Курляндежого и др.-Л., 1992.-С.2 С. 294-296; 353-364 .
14. Правила охраны поверхностных вод. Методические указания. М., 1991.
15. Денисова Т.П. Биотестирование загрязнителей водной среды. Иркутск, 2006. 32 с.
16. Леванова Г.Ф., Мазепа В.Н., Кашников С.Ю. Экспресс-метод биотестирования воды в полевых условиях. Гигиена и санитария, 2004. № 1. С. 64-66.
17. Бойцов А.Г., Ластовка О.Н., Кашкарова Г.П., Благова О.Е. Оценка качества воды по биологическим показателям: пути совершенствования. Гигиена и санитария, 2005. № 1. С. 74-77
18. Рахманин Ю.А. Приоритетные направления и критерии оценки загрязнения окружающей среды. Гигиена и санитария, 2003. № 6. С. 14-16.
19. Мефодьев В.В., Устюжанин Ю.В., Фольмер А.Я. Районирование территории Тюменской области по факторам риска водных кишечных инфекций. Гигиена и санитария, 2008. № 2. С. 40-43
20. Олькова, А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России / Успехи современной биологии. – 2014. – Т. 134. – № 6. – С. 614-622.