

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЁЖИ
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Муниципальное бюджетное учреждение центр дополнительного образования
«Интеллект» г.Феодосии Республики Крым

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
им. Б. В. Всесвятского**

**Номинация: «Юные
исследователи»**

**«КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ
В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ФЕОДОСИИ»**

Работу выполнила:

Лазарев Иван Максимович,
учащийся 7 класса муниципального
бюджетного общеобразовательного
учреждения «Школа №17
г.Феодосии Республики Крым»,
обучающийся объединения
«Основы научных исследований»
муниципального бюджетного
учреждения центр дополнительного
образования «Интеллект»
г.Феодосии Республики Крым

Научный руководитель:

**Диордиенко Екатерина
Викторовна,**
педагог дополнительного
образования муниципального
бюджетного учреждения центр
дополнительного образования
«Интеллект» г.Феодосии
Республики Крым

Оглавление

Оглавление	2
Введение	3
Методика исследований	6
Характеристика водных объектов	8
Проведение гидрохимического анализа	10
Фитотестирование на семенах высших растений	11
Определение качества воды по индексу Майера	12
Результаты исследований и их обсуждение	15
Выводы	21
Заключение	22
Список использованной литературы	22
Словарь основных понятий	24
ПРИЛОЖЕНИЕ	26

Введение

Проблема нехватки чистой питьевой воды в настоящее время очень актуальна. На Земле пресная вода составляет всего около 4%, из них на поверхностные воды приходится 0,02%. С ростом антропогенной нагрузки: строительством новых дорог, развитием туризма, сельского хозяйства и промышленности угроза загрязнения водных объектов только растет. Из-за развития промышленности и сельского хозяйства все загрязнения (пестициды, ядохимикаты и др.) накапливаются в поверхностных водах. Попадая в водоёмы и водотоки в результате антропогенного воздействия, они аккумулируются водными обитателями, передаются и накапливаются в пищевых цепях [2].

В таких условиях необходимо уметь оценивать качество водной среды и регулярно проводить мероприятия по экологическому мониторингу водных объектов. Для этого часто используют не только химические, но и биологические методы, такие как биотестирование и биоиндикация, которые позволяют дать оценку токсичности объекта как среды обитания живых организмов [4, 6].

В Республике Крым активно развивается туризм, сельское хозяйство и транспортные сети, из-за чего увеличивается антропогенная нагрузка на природные водоёмы и водотоки, так как многие загрязняющие вещества или напрямую сбрасываются в водные объекты или попадают в них вместе с поверхностным стоком. Поэтому очень актуально изучение состояния водных объектов г. Феодосии, одного из крупных туристических центров Крыма. Для этого применяли как химический анализ, так и биологические методы, которые помогают определить не только состав воды, но и влияние, которое она оказывает на живые организмы.

Для оценки химического состава исследуемых водных объектов использовали профессиональный набор капельных тестов «НИЛПА».

В качестве биологических методов использовали как биотестирование, так и биоиндикацию.

Биотестирование – оценка влияния проб воды из исследуемых водоёмов на тест-объекты [8]. Достоинствами биотестирования являются скорость, простота, доступность исследования, а также относительно низкая стоимость проведения опытов, возможность оценить состояние среды по совокупности факторов в данный момент. Оно позволяет выполнить экспресс-оценку (оценку в лабораторных условиях, направленную на получение информации об исследуемом объекте в короткие сроки) уровня загрязнения среды (воздуха, воды, почвы) в лабораторных условиях с использованием биологических объектов [4]. В качестве тест-объекта использовали семена высшего растения *Sinapis alba* L. (горчица белая). В среде отобранных водных проб была исследована всхожесть и ростовые показатели семян.

В качестве метода биоиндикации – определения состояния водоема или водотока по его обитателям, выбрали индекс Майера. Оценка состояния водного объекта по индексу Майера основана на анализе присутствия или отсутствия крупных таксономических групп зообентоса. Дело в том, что живые организмы обладают различной чувствительностью к качеству воды: есть те, кто обитает лишь в очень чистой воде (такие, как ручейники и веснянки), другие способны переносить высокие уровни загрязнения [6]. Для повышения точности методов биоиндикации можно использовать его несколько раз в течении определенного периода времени или дополнить другими методами оценки качества водной среды [6, 7], что и было нами реализовано.

Таким образом, **целью** моей работы была оценка уровня токсичности воды из разных водных объектов Феодосии методами химического анализа, биотестирования и биоиндикации.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать химический состав воды в водоемах и водотоках Феодосии.
2. Оценить влияние различных проб воды на всхожесть семян и морфологические показатели проростков *Sinapis alba* L.

3. Отобрать пробы зообентоса и определить чистоту воды в исследуемых водных объектах по методу Майера.

4. Проанализировать полученные результаты, оценить состояние исследуемых водотоков и водоемов, их пригодность для использования в рекреационных и хозяйственных целях.

Методика исследований

Уровень токсических загрязнений водного объекта является важной экологической характеристикой, влияющей на жизнеспособность его обитателей. Обычно загрязнения возникают из-за антропогенного воздействия, негативно влияя на водные экосистемы, которые являются источником пресной воды и пищевых ресурсов для человека [2, 5].

Для контроля уровня загрязнённости среды весьма эффективны биологические методы, так как позволяют провести быструю и точную оценку и учесть влияние внешних факторов на живые организмы [7, 9].

Биотестирование основано на исследовании поведения живых тест-объектов, культивируемых в лаборатории, в пробах из изучаемых растворов. Этот метод позволяет провести одномоментное определение токсичности, в отличие от биоиндикации [9].

Биоиндикация – оценка качества природной среды, основанная на наблюдении за видовым разнообразием и структурой сообщества. Данный метод устанавливает длительные последствия загрязнения и даёт возможность прогнозировать перестройки сообщества. С помощью метода биоиндикации можно определить сапробность – комплекс физиолого-биохимических свойств, обуславливающий способность живого организма существовать в воде с различным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения [9].

Проба – фиксированный объём воды, отобранный из исследованного водного объекта, который по свойствам принимается идентичным объекту аналитического контроля, из которого он отобран [7].

Тест-объект – организм, используемый при оценке токсичности химических веществ, природных и сточных вод, почв, донных отложений. В качестве тест-объектов могут выступать организмы различных систематических и трофических уровней: бактерии, водоросли, высшие растения, зоопланктон, моллюски, рыбы [4].

Выбранный нами метод (биотестирование) позволяет выявить состояние природных вод, эффективность очистки сточных вод, оценить потенциальную угрозу для водной среды. Основным принципом биотестирования – сравнение исследуемых показателей с показателями контрольной группы. Контроль – часть выборки, находящаяся в привычной культивационной среде, в тех же условиях, что и опытная выборка [3, 7].

В результате биотестирования фиксируются выбранные тест-функции тест-объектов.

Тест-функция – измеряемый показатель, необходимый для определения влияния среды на живые организмы [4]. Показатели, по которым оценивают эффект воздействия тестируемой пробы на тест-организмы:

- выживаемость;
- морфологические (размеры, аномалии строения);
- физиологические (частота и скорость движений);
- биохимические (активность ферментов);
- репродуктивные (размножение, увеличение численности популяции);
- поведение.

В данной работе нами были использованы в качестве тест-функции морфологические показатели проростков семян *Sinapis alba* L.

Характеристика тест-объекта

Достоинствами высших растений является сходство устройства хромосом и влияния токсинов с млекопитающими и человеком, низкая стоимость и простота исследований, возможность проведения опытов на месте [4].

Sinapis alba L.

Систематика (Невский, 1934)

Divisio: Magnoliophyta

Classis: Magnoliopsida

Ordo: Capparales

Familia: Brassicaceae

Genus: *Sinapis*

Species: *Sinapis alba* L.

Горчица белая – однолетнее травянистое растение с белыми семенами. Холодостойкое растение длинного дня, с коротким вегетационным периодом и высоким коэффициентом размножения, что обеспечивает высокую адаптационную способность к условиям северо-запада нечернозёмной зоны России. Цветёт в июне — июле, плоды (стручки) созревают в августе. Выращивается человеком как лекарственное, кормовое и медоносное растение. Используется в качестве растительного сырья, однако широко распространено по всей территории России в качестве сорного растения, т.к. малотребовательно к почвам и температурам — прорастание семян начинается при температуре 1-2 °С, а всходы способны переносить понижение температуры до - 6°С.

Используют в качестве тест-объекта в связи с высокой скоростью всхожести семян и чувствительности к изменениям внешних факторов [4].

Характеристика водных объектов

Для экспериментов было отобрано семь проб воды из разных водных объектов города Феодосии. Контролем для опытов биотестирования являлась дистиллированная вода.

Дата отбора: июль и июнь 2023 г.

Ниже представлена характеристика водных объектов, из которых были отобраны пробы. Карты с отметками конкретных мест отбора проб см. в Приложении.

1) Заводь р. Байбуги

Координаты: 45.061333, 35.356521

Заводь реки Байбуги. Находится возле Феодосийского кладбища. Берега изрезаны слабо, покрыты рогозом, загрязнены различными фракциями ТКО.

2) Озеро в районе Ближние Камыши

Координаты: 45.093279, 35.393693

Маленькое озеро в районе Ближние Камыши города Феодосии. Находится с краю заболоченного участка, в промышленной зоне на окраине города. При отборе проб ощущали гнилостный запах. Берега изрезаны слабо, покрыты рогозом, загрязнены различными фракциями ТКО.

3) Озеро у поселка Степное

Координаты: 45.092413, 35.368004

Озеро находится возле дачных участков, рядом с поселком Степное. Пробы взяты в районе дамбы, берега изрезаны слабо, покрыты рогозом. Озеро проточное.

4) Пруд в городе Феодосия

Координаты: 45.033104, 35.368762

Небольшой заболоченный пруд, берега которого изрезаны слабо и заросли рогозом. Находится в г. Феодосии на повороте улиц Чкалова и Володарского, в районе Кирпичного завода. Берега пруда загрязнены различными фракциями ТКО.

5) Река Байбуга

Координаты: 45.061614, 35.373918

Река Байбуга – главная водная артерия Феодосии. Свое начало река берет недалеко от села Ключевое, которое располагается в Кировском районе Крыма. Она пересекает городские кварталы и пригород с запада на восток и впадает в Феодосийский залив Черного моря. Ее протяженность составляет 20 км, а площадь водосборного бассейна более 100 км². Средний расход воды составляет порядка 0,35 м³/с. Берега пологие, покрыты кустарниками и деревьями. Ранее река была катастрофически загрязнена, с апреля 2019 года началась очистка реки.

У реки 8 безымянных притоков, длиной менее 5 километров и два более значительных: пересыхающий овраг Чобан-Чокрак длиной 8 км и временный водоток Куру-Баш, идущий от одноимённого селения (сейчас с. Виноградное).

Река сравнительно маловодна, поэтому для повышения её водности с 1876 года начались работы по залесению водосборного бассейна, преимущественно крымской сосной.

В 1908 году на водосборе Байбуги был открыт источник Паша-Тепе, сходный по содержанию хлористого и сернокислого натрия с «Ессентуками № 20». Во время событий 1917 скважина была заброшена, но затем восстановлена в 1925 году, получив новое название — «Феодосийская»

б) Озеро Генеральское

Координаты: 45.135128, 35.533585

Озеро Генеральское находится недалеко от поселка Приморского Феодосийского района рядом с урочищем Песчаная Балка. На данный момент озеро сильно обмелело, уровень воды значительно упал: на 7 и более метров. В самом озере ощущается сильный сероводородный и гнилостный запах, при взятии проб происходит поднятие черной взвеси гниющих остатков растений. Берега достаточно сильно изрезаны, местами покрыты рогозом.

7) Озеро Камышовый Луг

Координаты: 45.139716, 35.493095

Озеро находится рядом с поселком Приморский Феодосийского района, как часть пересыхающего озера Камышовый Луг. Берега изрезаны слабо, покрыты рогозом, загрязнены различными фракциями ТКО.

Перед проведением экспериментов был сделан гидрохимический анализ проб воды и отобраны пробы зообентоса.

Проведение гидрохимического анализа

Для оценки содержания в исследуемых водных объектах различных химических соединений, для измерения рН, общей и карбонатной жёсткости воды использовали профессиональный набор капельных тестов «НИЛПА» для оценки качества воды в полевых условиях. Исследовали следующие параметры: содержание нитратов, нитритов, фосфатов, железа, меди, аммиака, углекислого

газа, общую жёсткость, карбонатную жёсткость, значения рН. Гидрохимический анализ проводили в течение часа после забора проб воды, до этого момента пробы хранили в холодильнике. Перед проведением анализа воду отфильтровывали через фильтровальную бумагу «белая лента».

Фитотестирование на семенах высших растений

В качестве тест-объекта выбрали семена *Sinapis alba* L. (горчица белая). Всхожесть за 3 суток данной партии семян была проверена заранее на выборке из 200 семян и оказалась равна 87%.

Для каждой из десяти проб воды и контроля было подготовлено 3 промаркированных чашки Петри для постановки опыта в 3 повторах. В каждую чашку Петри помещали фильтровальную бумагу «Белая лента», затем добавляли 10 мл соответствующей пробы или дистиллированной воды (для контрольных повторностей). После этого в каждой чашке на равном расстоянии друг от друга размещали по 20 семян горчицы. На дневной период (с 8:00 до 20:00) чашки Петри дополнительно равномерно освещали фитолампой. Срок экспозиции: 3 суток. По истечении срока экспозиции были измерены длины корней и стеблей измерительной металлической линейкой с шагом 0,5 мм (ГОСТ 427-75), рассчитаны средний процент всхожести и средние значения длин корней и стеблей [4].

Для определения уровня токсичности воды по семенам высших растений по истечении трёх суток были проведены измерения длины корней и стеблей проросших тест-объектов. Обработка данных производилась в программе Microsoft Excel. Были вычислены средние значения полученных длин, стандартные отклонения, процент отклонения от контроля.

Анализ результатов был проведён с учётом критерия токсичности (отклонение более 20% в меньшую сторону и более 30% в большую сторону) [4].

Определение качества воды по индексу Майера

Определение состояния водоема по индексу Майера основано на анализе присутствия или отсутствия крупных таксономических групп зообентоса в водном объекте. Дело в том, что живые организмы обладают различной чувствительностью к качеству воды: есть те, кто обитает лишь в очень чистой воде (такие, как ручейники и веснянки), другие способны переносить высокие уровни загрязнения [6, 7]. Таким образом метод Майера является методом биоиндикации, так как он помогает определить состояние водоема по его обитателям. Существуют и другие методы биоиндикации, однако выбранный нами имеет свои преимущества (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика методов биоиндикации для оценки состояния водных объектов

Метод	Преимущество	Недостатки
Индекс Вудивисса	Предусматривает частое исчезновение индикаторных групп по мере загрязнения водоема.	Только для водотоков, не подходит для водоемов.
Индекс Шеннона	Отлично подходит для отдельной оценки компонентов разнообразия.	Переоценивает редкие виды, не учитывает все виды в сообществе.
Индекс Майера	Подходит для любых типов водоемов, учитывает организмы-индикаторы.	Точность метода не высока.

Для повышения точности индекса Майера можно использовать его несколько раз в течении определенного периода времени или дополнить другими методами оценки качества водной среды.

Неоспоримое преимущество индекса Майера – это отсутствие необходимости определения беспозвоночных до вида. Определение происходит по **таблице 2**.

Таблица 2. Группы беспозвоночных для расчета индекса Майера.

Индикаторы чистых вод	Индикаторы вод со средней степенью загрязненности	Индикаторы загрязненных водоемов
Личинки веснянок Личинки поденок Личинки ручейников Личинки вислокрылок Двустворчатые моллюски	Бокоплавыв Речные раки Личинки стрекоз Личинки комаров-долгоножек Моллюски-катушки Моллюски-живородки	Личинки комаров-звонцов Пиявки Водяные ослики Прудовики Личинки мошки Малоцетинковые черви

Пробы гидробионтов отбирали в июне и июле 2023 года с помощью сачка диаметром 13 см². Во время отбора, сачком совершали вращательные движения в виде восьмерки, проводя им у поверхности, в толще, у дна и в зарослях растительности. После каждого взмаха организмы изымались из сачка. Всего для каждого водоема совершали не менее 100 взмахов.

Для отбора донного грунта на небольшой глубине применяли основу от консервной банки с диаметром 12,5 см. Крышка банки была полностью удалена, в дне сделаны несколько отверстий для стока воды. Банку помещали дном с отверстиями вверх в донный грунт на глубину до 15 см, после чего промывали вынутый грунт над сачком. Для каждого водоема брали не менее 10 подобных проб в разных местах.

Затем проводили осмотр и полевое определение выловленных организмов. Для этого использовали атласы-определители [1, 6, 10].

Обнаруженные организмы относили к одному из трех разделов по табл. 2. Количество обнаруженных групп из первой части таблицы (индикаторы чистых вод) умножали на 3, количество групп из второй части таблицы (индикаторы вод со средней степенью загрязненности) – на 2, а из третьего блока таблицы (индикаторы загрязненных водоемов) – на 1. Сумма получившихся чисел показывает степень загрязненности водоема.

При сумме выше 22 вода относится к первому классу качества, при значениях от 17 до 21 – ко второму классу, от 11 до 16 – к третьему классу. Менее 11 – водоем сильно загрязнен.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты гидрохимического анализа исследуемых водоемов и водотоков представлены в таблице 3.

Таблица 3. Гидрохимические показатели в исследуемых водных пробах

Показатель	Контроль	Заводь р. Байбуга	оз. в р-не Ближние Камыши	оз. у пос. Степное	пруд в г. Феодосия	р. Байбуга	оз. Генеральское	оз. Камышовый Луг
pH	6,0	8,0	7,6	7,8	7,4	7,5	8,5	10,0
gH	0,0	33,0	19,0	18,0	28,0	19,0	35,0	22,0
кН	0,0	18,0	9,0	8,0	14,0	9,0	8,0	8,0
CO₂, мг/л	17,7	6,4	10,0	5,0	15,6	10,0	< 2,8	< 2,8
NH₃, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,852
NH₄⁺, мг/л	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
NO₂⁻, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NO₃⁻, мг/л	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0	10,0
PO₄, мг/л	0,25	0,25	0,25	1,0	0,5	0,5	0,25	5,0
Fe, мг/л	0,0	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,5
Cu, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Мы обнаружили, что во всех водных объектах достаточно высокая жесткость (gH). Воду в зависимости от ее общей жесткости принято классифицировать следующим образом: очень мягкая - жесткость до 5° gH, мягкая - 5-10° gH, средней жесткости - 10-20° gH, жесткая - 20-30° gH и очень жесткая - свыше 30° gH. Кислотность среды изменялась от 7,4 в пруду в г. Феодосия до 10 в озере Камышовый Луг.

По многим другим изученным показателям были получены нулевые значения, что может свидетельствовать о низкой чувствительности используемого метода определения химического состава воды. Поэтому было принято решение использовать рН и жесткость как основные показатели для химического анализа, а прочие параметры – в качестве дополнительных данных.

Таблица 4. Результат анализа состава беспозвоночных исследуемых водных объектов и расчета индекса Майера

Группа беспозвоночных	Водный объект						
	Заводь р. Байбуга	оз. в р-не Ближние Камыши	оз. у пос. Степное	пруд в г. Феодосия	р. Байбуга	оз. Генеральское	оз. Камышовый Луг
Личинки веснянок					+		
Личинки поденок	+		+	+	+		
Личинки ручейников							
Личинки вислокрылок							
<u>Двустворчатые моллюски</u>			+			одна створка	
Бокоплав		+	+		+		
Речной рак							
Личинки стрекоз	+	+	+	+	+		
Личинки комаров - долгоножек							
Моллюски- катушки		+	+				
<u>Моллюски- живородки</u>							
Личинки комаров-звонцов				+		+	+

Пиявки							
Водяной ослик	+				+		
Прудовики	+	+	+		+		
Личинки мошки					+		
Малоцетинковые черви							
Прочие наблюдения	Клоп ранатра	Клоп плавт	Клоп гладыш, жуки – 3 вида	Клоп	Клоп водяной скорпион, жук	Клопы и личинка жука	Клоп гладыш
Итоговый балл*	7	7	13	6	13	1	1

*При сумме выше 22 вода относится к первому классу качества, при значениях от 17 до 21 – ко второму классу, от 11 до 16 – к третьему классу. Менее 11 – водоем сильно загрязнен.

Ни один из изученных водоемов не относится ни к первому, ни ко второму классам качества. К третьему классу качества относятся река Байбуга и озеро у поселка Степное. Остальные исследованные водоемы сильно загрязнены. Можно сделать вывод о неблагоприятном состоянии всех изученных водоемов. Стоит также учитывать тот факт, что такая оценка по индексу Майера может быть связана не только с текущим состоянием водного объекта, но и с экологическими особенностями организмов – наиболее верную оценку этот метод дает при повторе исследований с некоторой периодичностью либо в совокупности с другими методами биоиндикации или биотестирования.

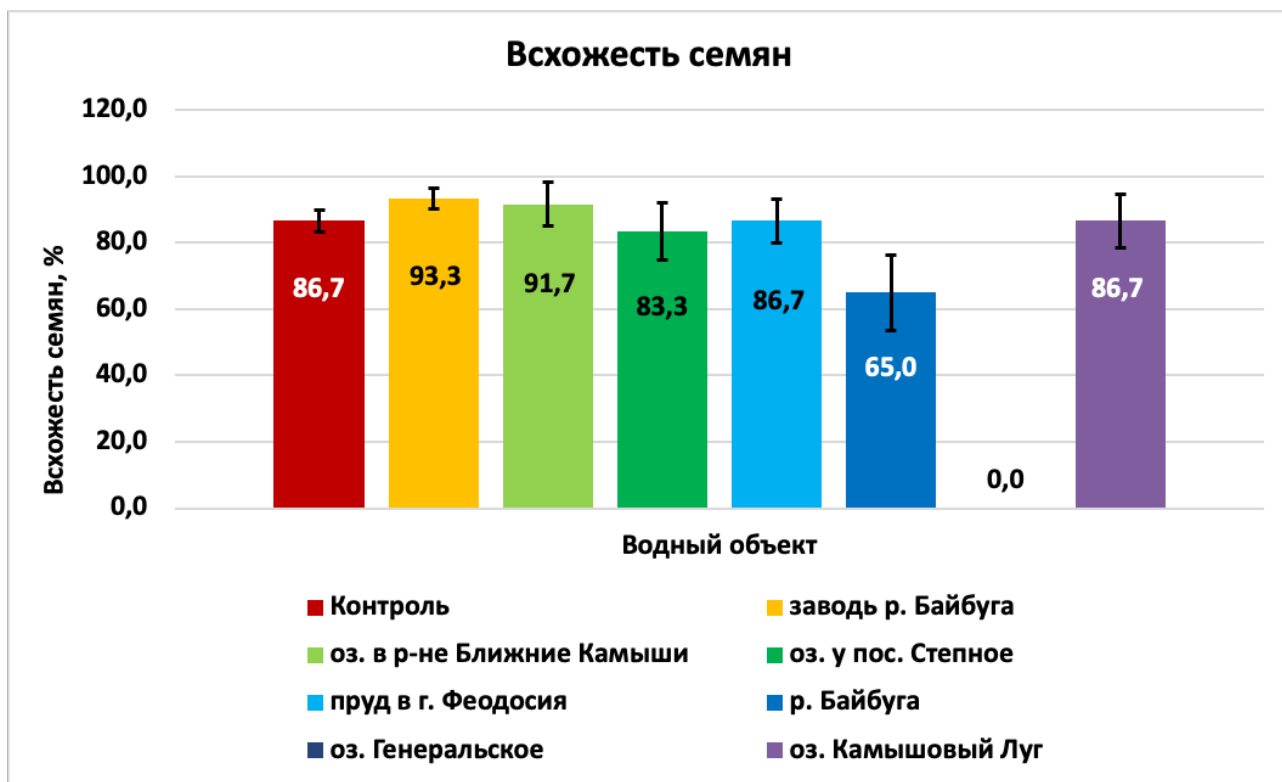


Рисунок 1. Всхожесть семян *Sinapis alba* при культивировании в пробах воды из исследуемых водных объектов

Результаты проведенных экспериментов по биотестированию представлены на рисунках 1-3.

На рисунке 1 отмечено изменение всхожести семян горчицы белой при проращивании ее в исследуемых пробах воды и контрольных образцов, политых дистиллированной водой. Выяснили, что в пробах, отобранных в заводи реки Байбуги и в озере в районе Ближние Камыши семена прорастают даже лучше, чем в контроле. Это может быть связано с тем, что в воде из природных водоемов больше питательных веществ, чем в бедной и чистой дистиллированной воде. На уровне с контрольными показателями всхожесть была у проб из пруда в городе Феодосии и из озера Камышовый Луг. Всхожесть семян в пробе из озера у поселка Степное была незначительно ниже контроля, а вот проба из реки Байбуги угнетала всхожесть семян на более, чем на 20%. В пробе из озера Генеральское все семена погибли, что говорит о высокой степени токсичности воды в данном водоеме.

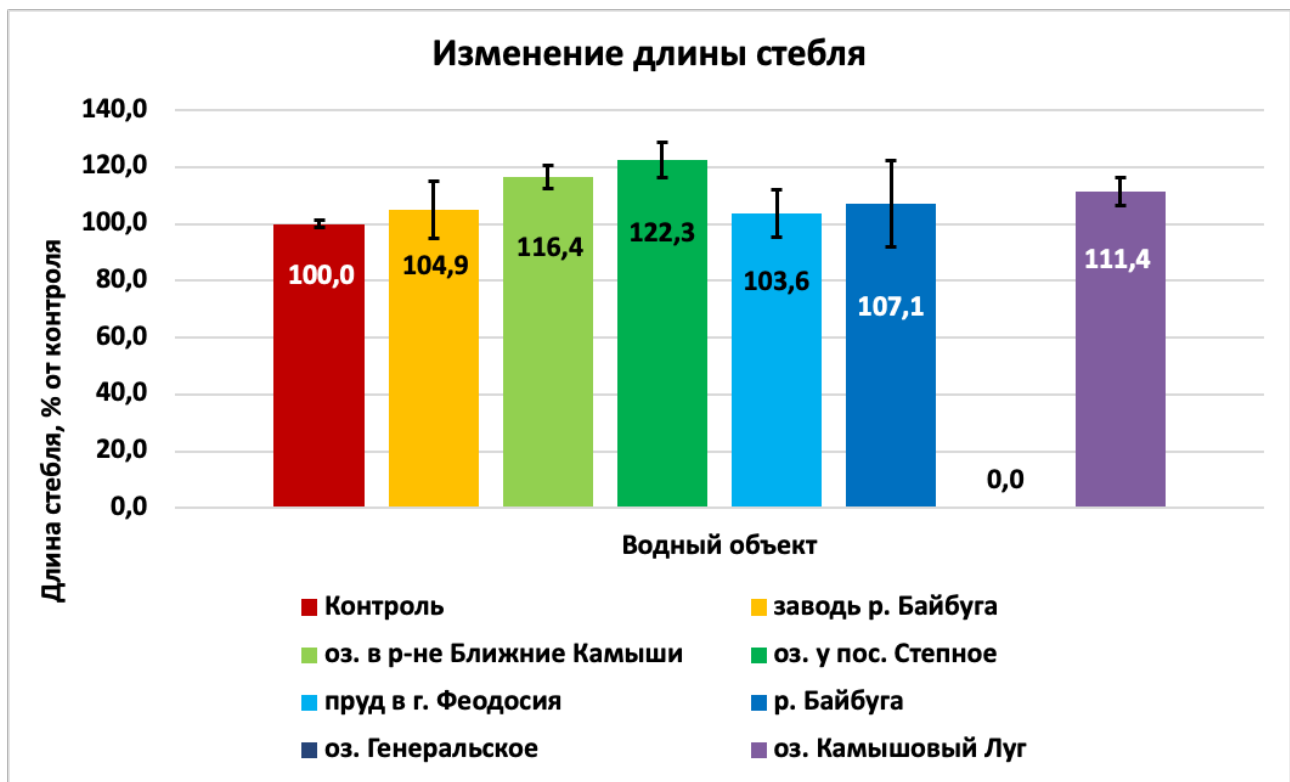


Рисунок 2. Изменение длины стебля проростков *Sinapis alba* через 72 ч при культивировании в пробах воды из исследуемых водных объектов (в % от длины контрольных образцов)

На рисунке 2 показано изменение длины стебля проростков горчицы белой при проращивании ее в исследуемых пробах воды, по сравнению с длиной стебля контрольных образцов. Во всех исследованных пробах воды, кроме пробы из озера Генеральское, длина стебля проростков превышала контрольные значения, особенно хорошо это заметно в пробе из озера Степное, где показатель длины стебля превысил контрольные более чем на 22%. Это также может быть связано с тем, что природные воды имеют гораздо более богатый состав, чем дистиллированная вода.

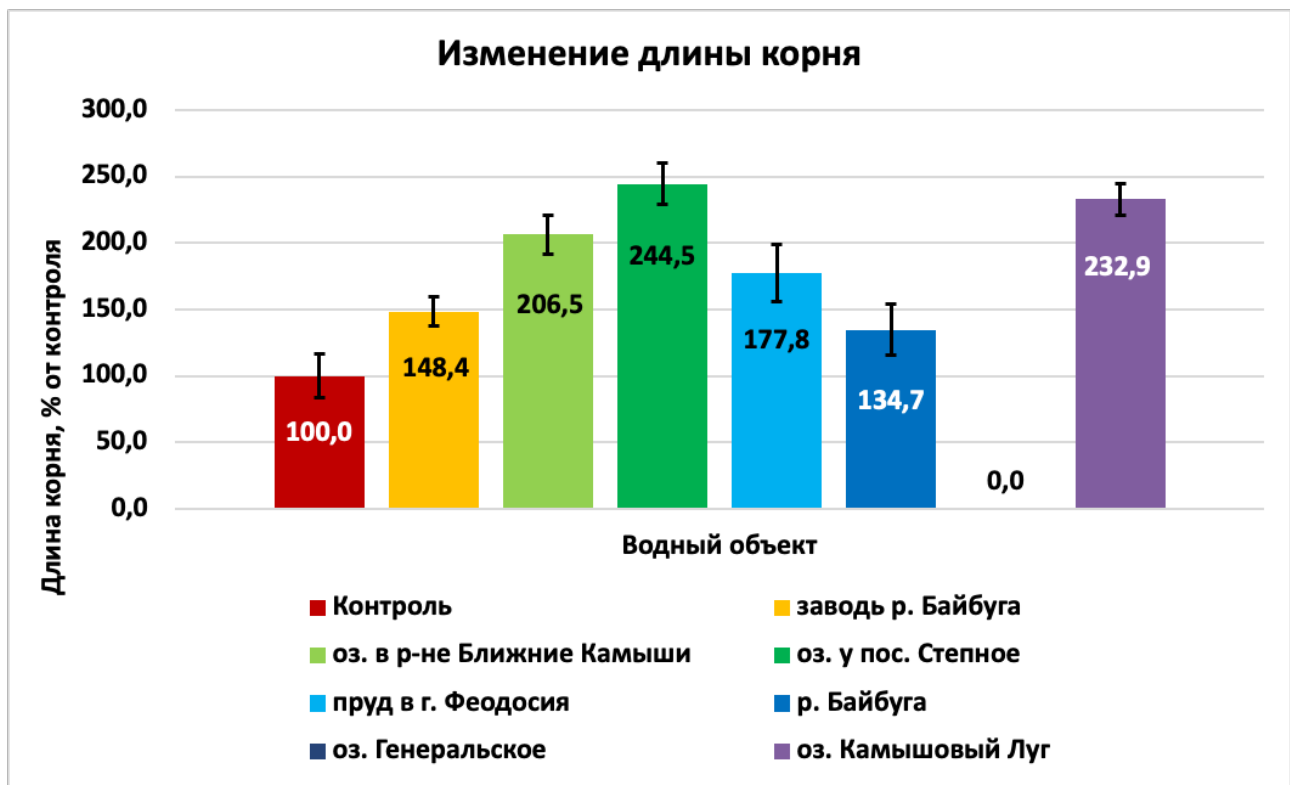


Рисунок 3. Изменение длины корня проростков *Sinapis alba* через 72 ч при культивировании в пробах воды из исследуемых водных объектов (в % от длины контрольных образцов)

На рисунке 3 представлены данные об изменении длины корня проростков горчицы белой при выращивании ее в исследуемых пробах воды, по сравнению с длиной корня контрольных образцов. Во всех исследованных пробах воды, кроме озера Генеральское, длина корней значительно превышала показатели контроля. По критериям токсичности, превышение контрольных значений на 30% и более, как и угнетение на 20% и более, исследуемого показателя говорит о токсичности пробы для тест-объекта. Потому про все изучаемые пробы можно отметить, что их воды оказывали значительное влияние на длину корня проростков.

Выводы

1. Все водоемы отличаются высокой жесткостью вод, она варьировалась от 18 до 35° гН. Значение водородного показателя были в норме для природных водоемов – от 7,4 до 8,5; исключение – озеро Камышовый луг, где рН=10.

2. По индексу Майера к третьему классу качества относятся река Байбуга и озеро у поселка Степное. Остальные исследованные водоемы сильно загрязнены (значение индекса менее 11).

3. Биотестирование на семенах горчицы белой показало, что по показателю всхожести семян токсична проба из реки Байбуги. Для всех проб отмечена стимуляция длин стеблей и корней проростков по сравнению с показателями контрольных образцов до 244%. Исключение - проба из озера Генеральское, которая была токсична по всем изученным параметрам биотестирования.

4. Только воды озера у пос. Степное могут быть частично пригодны для рыбоводства и орошения, а воды из остальных точек отбора проб сильно загрязнены и имеют лишь техническое предназначение.

Заключение

В ходе проделанной работы выяснилось, что почти все водоемы города Феодосии сильно загрязнены. По индексу Майера к третьему классу качества относятся только река Байбуга и озеро у поселка Степное. При этом, проба из реки Байбуги была в значительной мере токсична по показателю всхожести семян, поэтому нельзя с полной уверенностью отнести к третьему классу воду в данном водотоке. Ведь воды III класса качества могут быть пригодны для питья после очистки и для орошения или рыболовства. Остальные же исследованные водные объекты относятся скорее к IV-VI классам качества, что означает их пригодность, по большей мере, лишь к использованию для технических нужд. Особенно следует отметить пробу из озера Генеральское, так как по результатам биотестирования она оказалась очень токсична, ни одно зерно горчицы в ней не взошло (из 60 зерен: 3 чашки Петри по 20 зерен в каждой). Поэтому можно сделать вывод о том, что воды этого озера наиболее токсичны из всех изученных проб. Возможно, они даже относятся VI классу качества, что говорит об их пригодности к использованию даже в качестве технических только после очистки. К сожалению, более точно определить класс качества воды можно только после тщательного химического анализа проб, а выбранный нами метод оказался недостаточно чувствительным.

Однако результаты моей работы все равно могут быть пригодны для информирования правительства города и населения о текущем состоянии водных объектов, а также иметь большое значение для проведения ежегодного мониторинга и отслеживания изменения состояния водотоков и водоемов.

В следующем году я планирую повторить свои исследования для того, чтобы сравнить показатели за два года. Также я бы хотел увеличить число изучаемых водных объектов, чтобы выяснить, может ли удаленность водного объекта от города и оживленных трасс влиять на его состояние.

Список использованной литературы

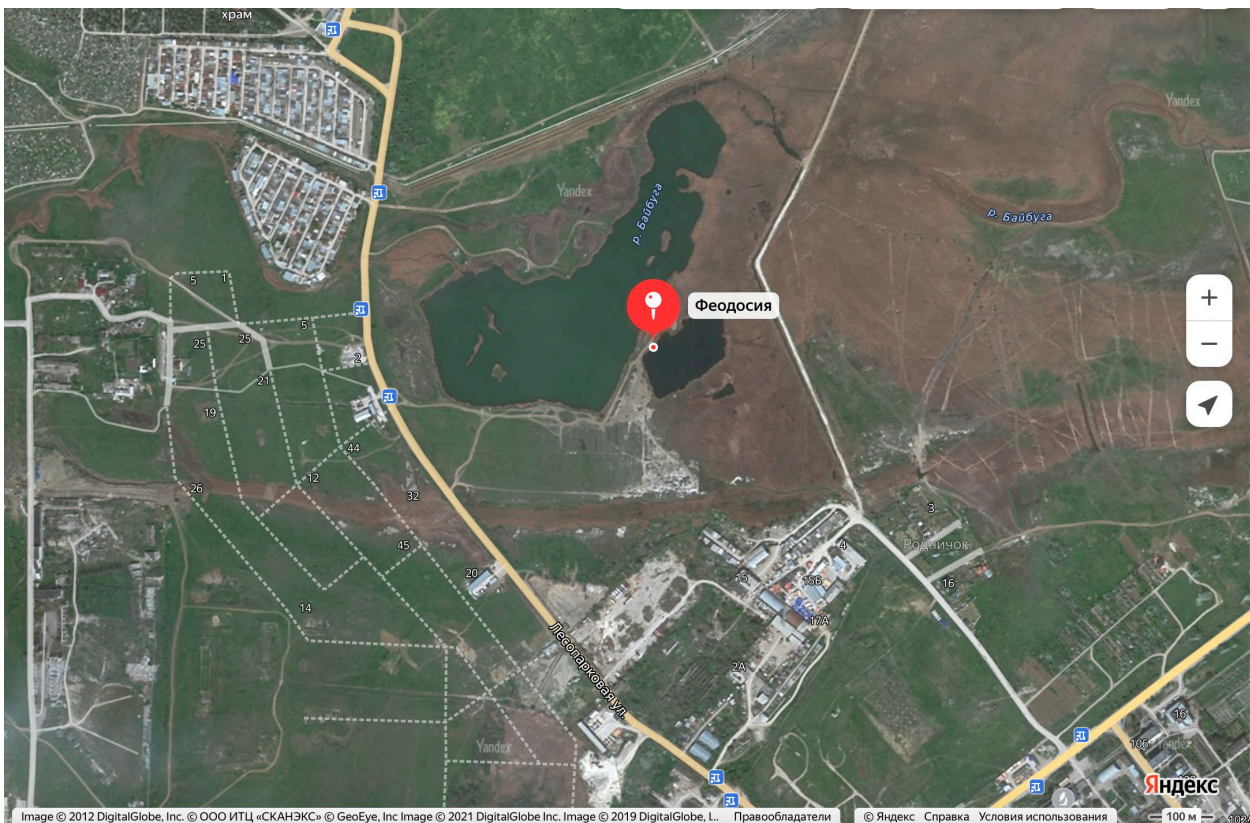
1. Дольник В.Р. Беспозвоночные животные: атлас. – М.: Издательство МЦНМО, 2022. – 160 с.
2. Ларина О.В. Удивительная экология. – ЭНАС-КНИГА, 2015. – 256 с.
3. Леонтович А.В., Смирнов И.А., Саввичев А.С. Проектная мастерская. 5-9 классы. Учебное пособие. ФГОС. – Просвещение, 2023. – 112 с.
4. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения. 2010. – 18 с.
5. Матвеева Н.А., Ашина М.В., Бадеева Т.В. Гигиена и экология человека. Учебник. – Кнорус, 2023. 334 с.
6. Матюкас К. Определение качества воды по донным организмам. Методическое пособие. – Клайпеда: ЗАО «Утянос Индра», 2005. – 87с.
7. Мелехова О.П., Сарапульцева Е.И. Биологический контроль окружающей среды / – М., 2008. – 289 с.
8. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология. В 3-х томах. – Лаборатория знаний, 2022. – 1340 с.
9. Туманов А. А. Биологический метод анализа. Большая российская энциклопедия. Том 3. – Москва, 2005. – С. 503-504
10. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. – М. Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 2019 с.

Словарь основных понятий

1. **Биоиндикация** – оценка качества природной среды, основанная на наблюдении за видовым разнообразием и структурой сообщества [9]. Данный метод устанавливает длительные последствия загрязнения и даёт возможность прогнозировать перестройки сообщества. С помощью метода биоиндикации можно определить сапробность.
2. **Биологические методы** – методы обнаружения и определения неорганических и органических веществ с использованием в качестве индикаторов живых организмов [9].
3. **Биотестирование** основано на исследовании поведения живых тест-объектов, культивируемых в лаборатории, в пробах из изучаемых растворов [9]. Этот метод позволяет провести одномоментное определение токсичности, в отличие от биоиндикации.
4. **Вид-индикатор** – биоиндикатор, живой организм, состояние или присутствие которого может быть сигналом об изменении состояния окружающей среды [6, 7].
5. **Водородный показатель** – мера кислотности среды водных растворов, также обозначается как pH [8].
6. **Доверительный интервал** означает, что ученые на 95% уверены (в моей работе 95%, но бывают и другие меры уверенности, например, на 99%), что полученный результат находится в рассчитанном диапазоне. То есть с 95% вероятностью при повторе опыта в тех же условиях мы попадем в рамки доверительного интервала [4].
7. **Жесткость воды** – химические и физические свойства воды, связанные с содержанием в ней солей кальция, магния и железа [8].
8. **Контроль** – часть выборки, находящаяся в привычной культивационной среде, в тех же условиях, что и опытная выборка [3, 4].
9. **Культивирование** – выращивание в благоприятной искусственной среде [4].

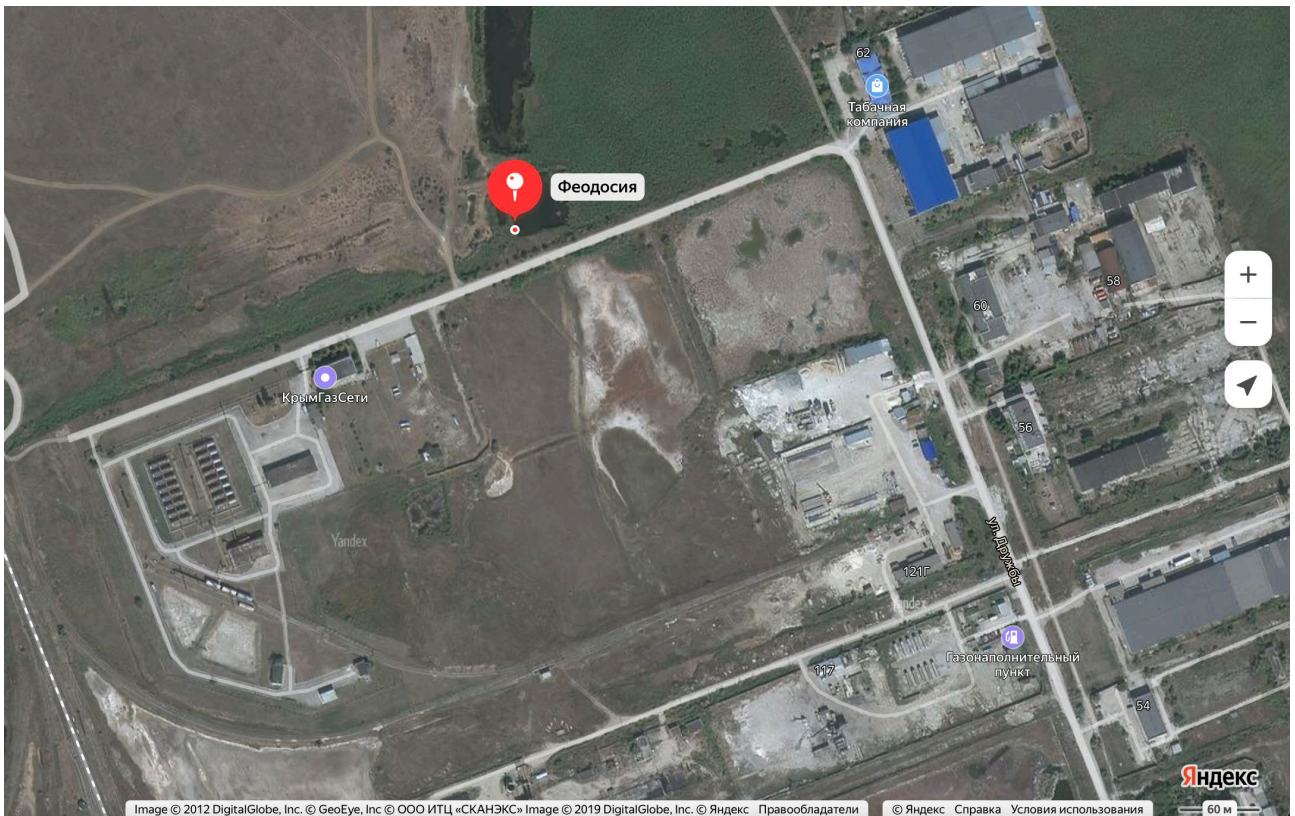
10. **Морфологические показатели** – показатели формы и строения организма [8].
11. **Повторности** – Постановка опыта в нескольких повторах соблюдая одну и ту же методику, чтобы получить больше данных и точнее определить среднее значение изучаемого показателя [4].
12. **Проба** – фиксированный объём воды, отобранный из исследованного водного объекта, который по свойствам принимается идентичным объекту аналитического контроля, из которого он отобран [4, 7].
13. **Рекреационные цели** – мероприятия для отдыха, восстановления нормального самочувствия и работоспособности здорового, но уставшего человека.
14. **Сапробность** – комплекс свойств, обуславливающий способность живого организма выживать в воде с разным содержанием органических веществ (или с той или иной степенью загрязнения) [7].
15. **Тест-объект** или **тест-организм** – организм, используемый при оценке токсичности химических веществ, природных и сточных вод, почв, донных отложений. В качестве тест-объектов могут выступать организмы различных систематических и трофических уровней: бактерии, водоросли, высшие растения, зоопланктон, моллюски, рыбы [4].
16. **Тест-функция** – измеряемый показатель, необходимый для определения влияния среды на живые организмы [4].
17. **Химические методы** – методы определения химического состава воды. Основные показатели: рН, жесткость, минерализация и содержание неорганических и органических веществ [8].
18. **Чувствительность тест-объекта** – способность тест-объекта реагировать на изменение химического состава или физических параметров окружающей среды [4, 6, 7].

ПРИЛОЖЕНИЕ



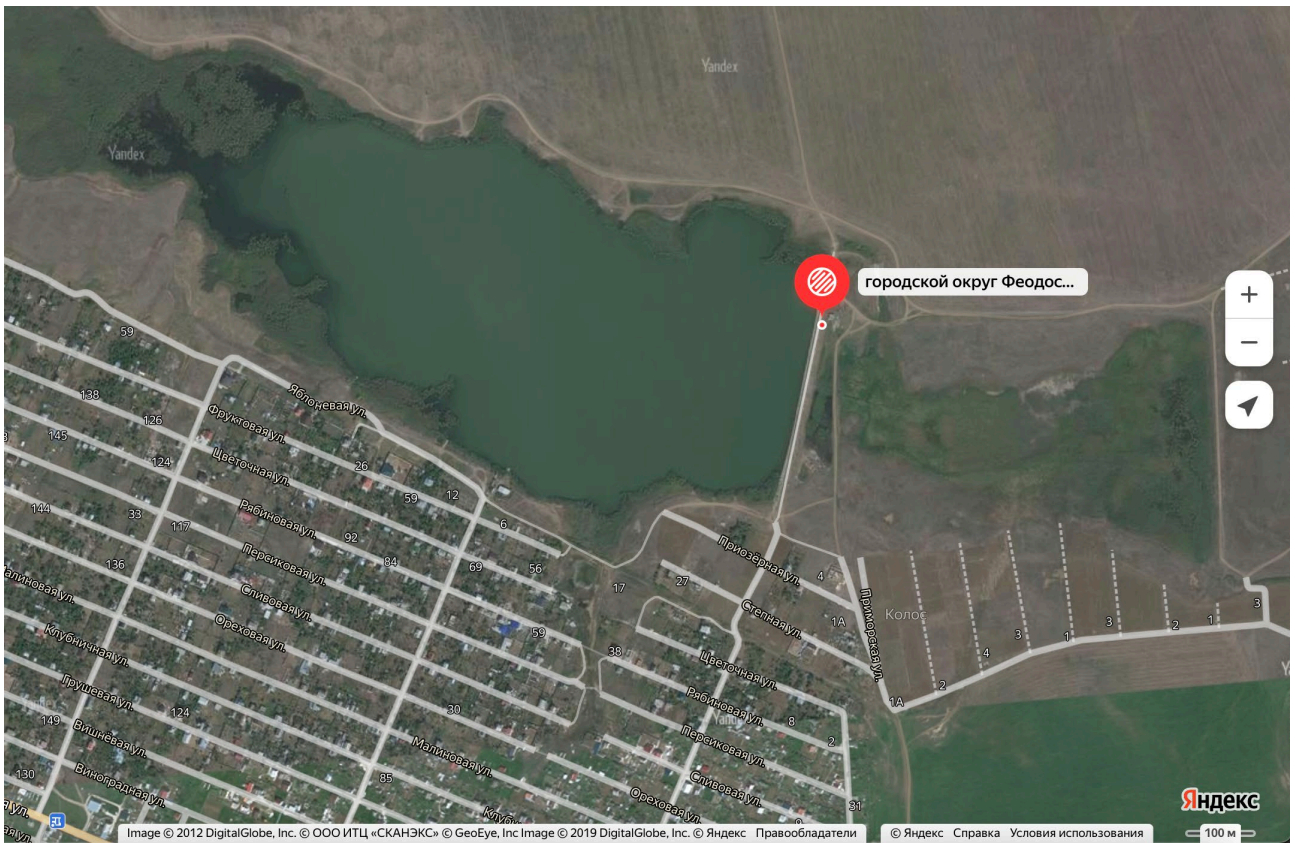
Приложение. Рис 1. Заводь реки Байбуги

Координаты: 45.061333, 35.356521



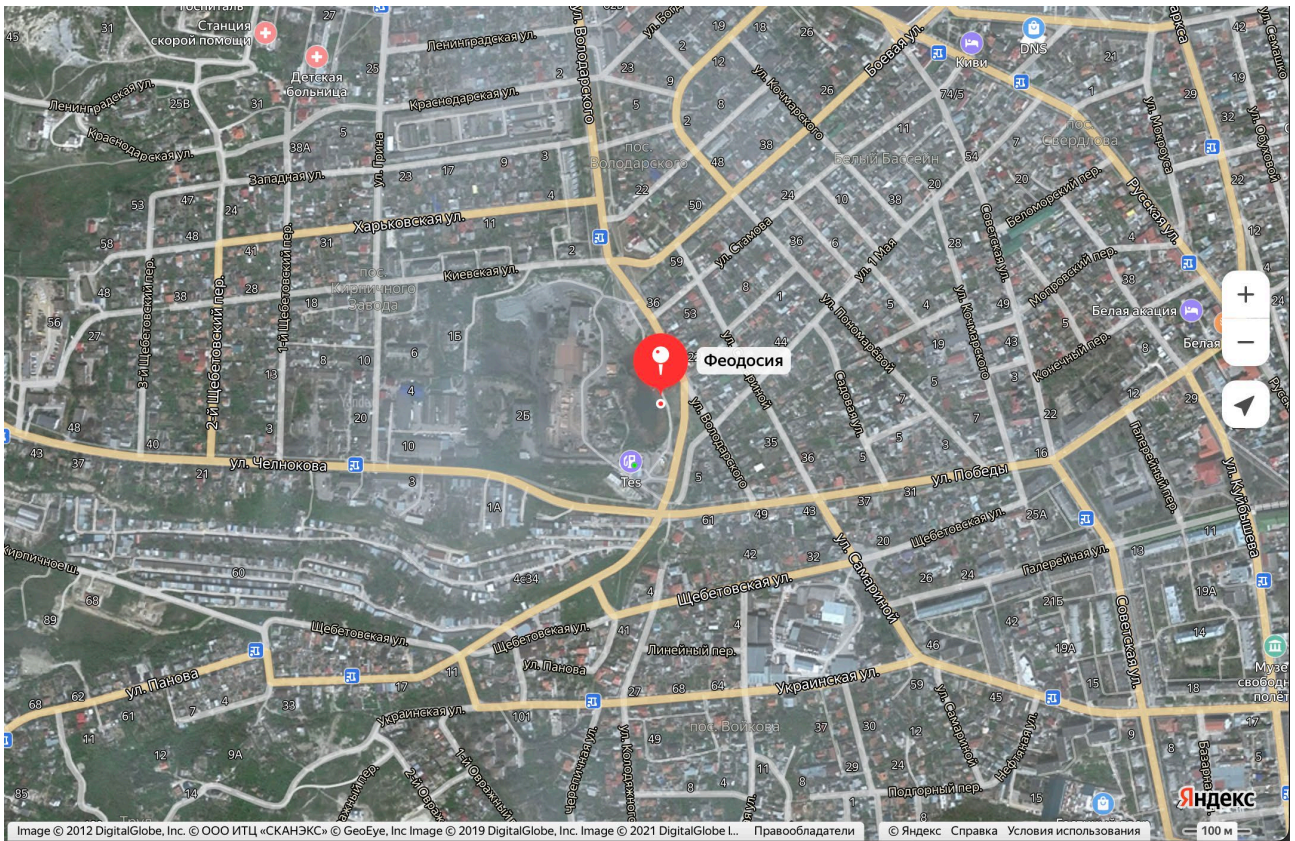
Приложение. Рис. 2. Озеро в районе Ближние Камыши

Координаты: 45.093279, 35.393693



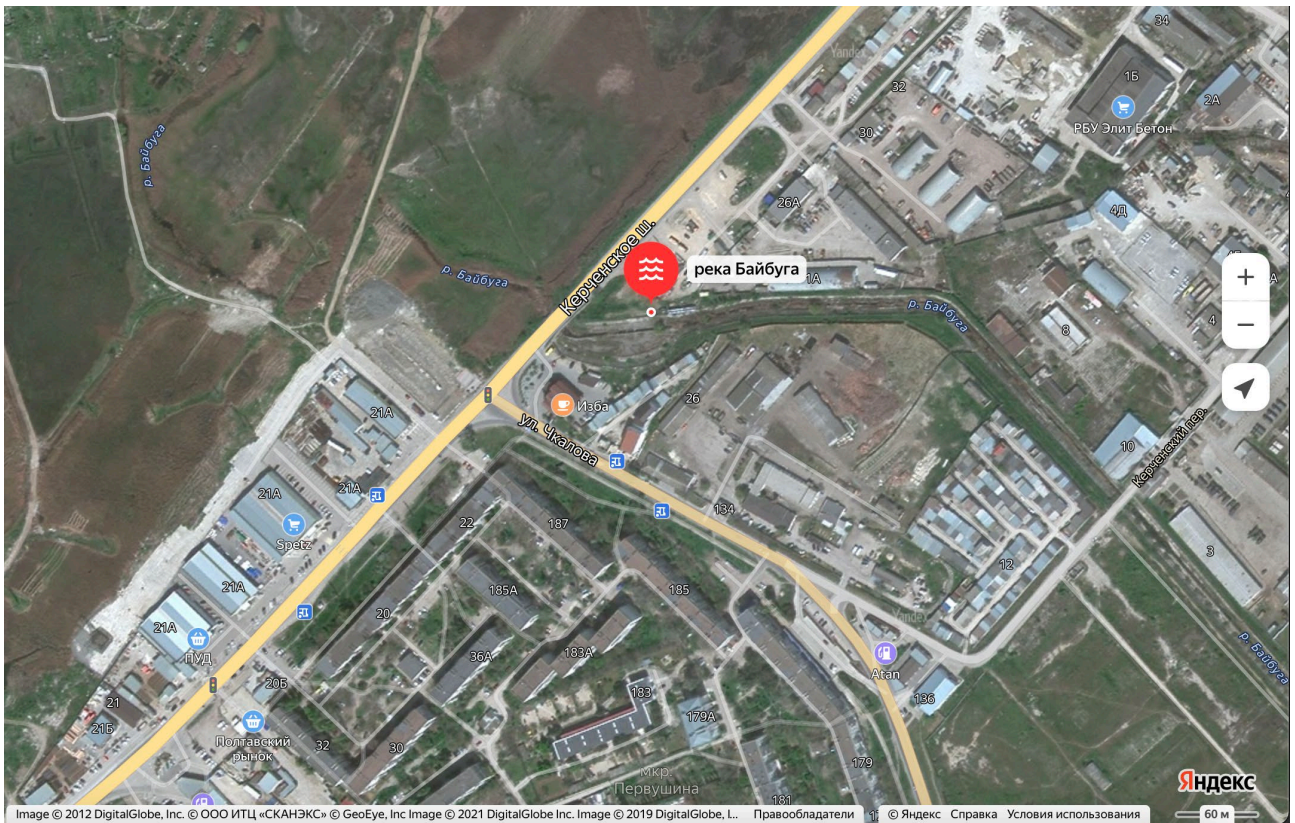
Приложение. Рис. 3. Озеро у поселка Степное

Координаты: 45.092413, 35.368004



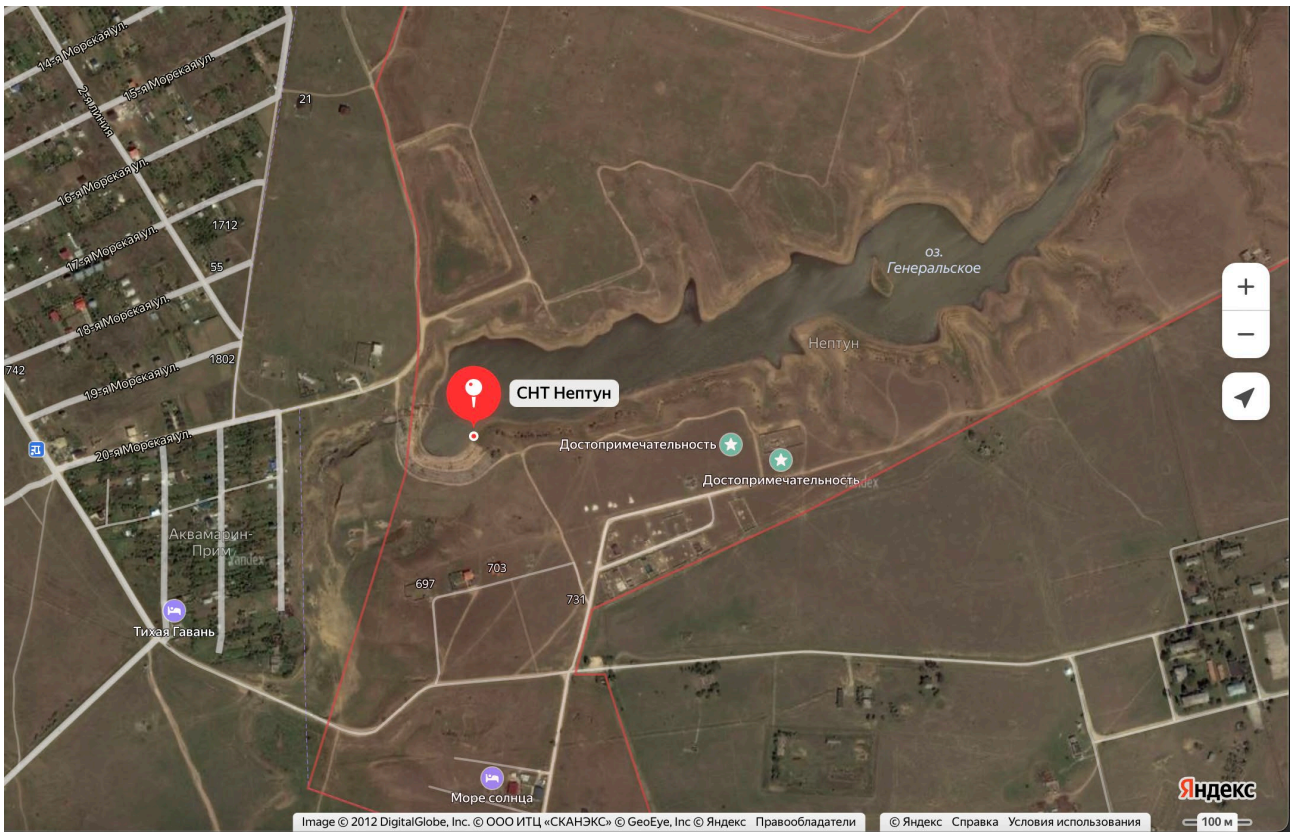
Приложение. Рис. 4. Пруд в городе Феодосия

Координаты: 45.033104, 35.368762



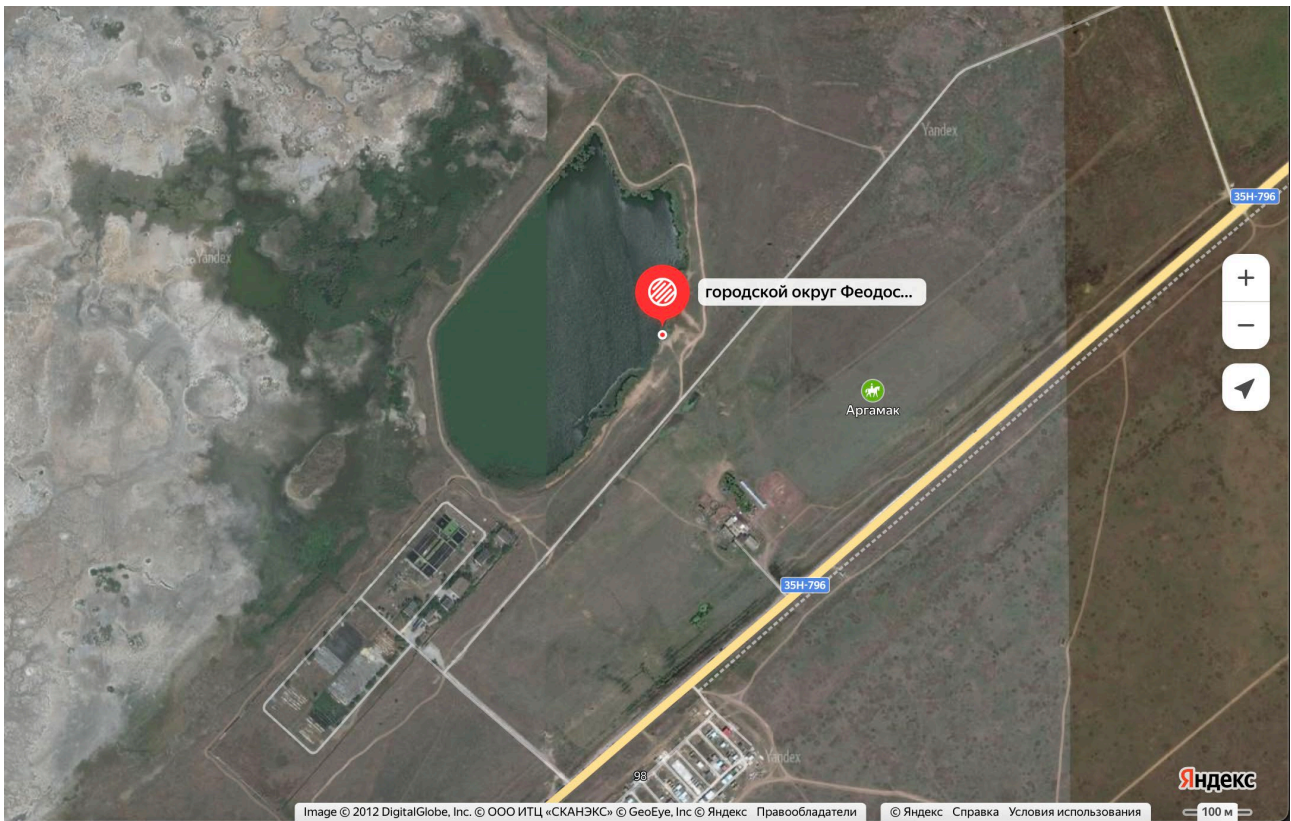
Приложение. Рис. 5. Река Байбуга

Координаты: 45.061614, 35.373918



Приложение. Рис. 6. Озеро Генеральское

Координаты: 45.135128, 35.533585



Приложение. Рис. 7. Озеро Камышовый Луг

Координаты: 45.139716, 35.493095