

Российский открытый молодежный водный конкурс

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова  
Кафедра биологии, экологии и биотехнологии

Мониторинг антропогенной нагрузки на водоемы поселения Соловецкое

Авторы:

**Шпанов Дмитрий Алексеевич, 2 курс магистратуры, Биотехнология**

**Одинцова Екатерина Евгеньевна, 3 курс бакалавриата, Биотехнология**

Братушева Алина Андреевна, 4 курс бакалавриата, Биотехнология

Федоровцев Роман Алексеевич, 4 курс бакалавриата, Биотехнология

Дернов Сергей Александрович, 3 курс бакалавриата, Биотехнология

Марченко Дарья Игоревна, 3 курс бакалавриата, Биотехнология

Руководители:

Рудакова Вера Алевтиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры биологии, экологии и биотехнологии

Ловдина Татьяна Ильинична, ассистент кафедры биологии, экологии и биотехнологии, младший научный сотрудник лаборатории пресноводных и морских экосистем ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН

г. Архангельск

2024

## Аннотация

Интенсификация хозяйственной деятельности и увеличение туристического потока приводит к усилению антропогенной нагрузки на водные объекты, что усугубляется отсутствием очистных сооружений на территории поселения Соловецкое. Целью данного проекта является оценка динамики изменения уровня загрязнения водоемов в районе поселения: Питьевого ручья, Святого озера, Банного озера, бухты Благополучия, Кислой губы и прибрежной линии Белого моря. Загрязнение объектов определяется посредством измерения маркерных показателей: биогенные элементы (общий фосфор, общий азот), общее содержания поллютантов (ХПК), микробиологическая обсемененность (ОЧМ, БГКП).

В результате пятилетних мониторинговых исследований выявлены тенденции: несмотря на небольшое количество биогенных элементов в Святом озере, наблюдается постепенное увеличение ХПК, что свидетельствует о регулярных сбросах неочищенных сточных вод в водоем, чему свидетельствует обнаружение бактерий группы кишечной палочки. Это заключение справедливо также для мыса Ботанический (бухта Благополучия). Общее уменьшение загрязнений в Банном озере свидетельствует о снижении нагрузки на водоем, но высокий уровень микробиологической обсемененности и эвтрофный статус создают высокий риск заболачивания.

Можно констатировать, что неудовлетворительное состояние природных водоемов в районе поселения Соловецкое является следствием сброса неочищенных сточных вод, а также естественными биологическими процессами. Причиной сложившейся ситуации можно считать отсутствием эффективной системы водоотведения (канализации и очистных сооружений), появление которой не предвидится в ближайшее время. При этом увеличение туристического потока усугубляет ситуацию, создавая повышенную нагрузку на экосистемы в летний сезон. При сохранении этих условий неизбежна эвтрофикация Святого озера и усиление зарастания Банного озера. Временным решением может служить применение биопрепаратов, вносимых в сточные воды и непосредственно в сами водоемы.

Остро стоит проблема антропогенного загрязнения природных водоемов в районе поселка Соловецкий. Данный проект, за счет освещения проблемы, должен привлечь внимание общественности в масштабах страны, а не только жителей Соловков, так как культурные и духовные ценности неразделимы с природой. Более того, в проекте мы предлагаем оперативное решение для восстановления водоемов: применения биопрепаратов, внесение которых предотвратит дальнейшую эвтрофикацию водоемов и они станут пригодными для водопользования.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы: Соловки – северная жемчужина России, архипелаг, окутанный белой пеленой истории, природой, морем. Там будто в одно мгновение время остановилось на сотни лет. Место, где можно не только увидеть и услышать прошлое, но и прикоснуться к рукотворным стенам храмов, «живущих» на этой земле уже ни один век.

Восстановление деятельности монастыря, расширение экскурсионной деятельности Соловецкого музея-заповедника, развитие инфраструктуры поселка Соловецкий приводят к росту антропогенной нагрузки на природные системы, что негативно отражается на качестве воды в природных водоемах: озерах и прибрежной линии Белого моря. Количество туристов и паломников с каждым годом стремительно растет, что усиливает антропогенную нагрузку на природные водоемы. Отсутствия в поселке Соловецкий очистных сооружений является основной причиной загрязнения водоемов, из-за чего сточные воды сбрасываются в водоемы большей частью без очистки или после неполной очистки в септиках. В настоящее время строятся очистные сооружения, на которые будут заведены все образующиеся сточные воды. Поэтому ежегодно проводимые нами исследования крайне важны для контроля состояния водных объектов в районе поселка Соловецкий.

Целью данного проекта является оценка динамики изменения уровня загрязнения водоёмов в районе поселения Соловецкое: Питьевого ручья, Святого озера, Банного озера, бухты Благополучия, Кислой губы и прибрежной линии Белого моря. Работа является мониторингом состояния этих водных объектов и ведется в соответствии с требованиями природоохранного законодательства: ФЗ № 7 Об охране окружающей среды [1]; ФЗ № 74 Водный кодекс Российской Федерации [2]; РД 52.24.309–2016 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши [3].

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Проанализировать пробы воды, отобранные в исследуемых водных объектах по маркерным показателям;
2. Сопоставить полученные данные с потоком туристов, погодными условиями за летние месяцы периода мониторинга и системой водоснабжения и водоотведения поселка
3. Сравнить результаты анализов 2019 – 2023 гг.;
4. Разработать программу по восстановлению природных водоемов в районе поселения Соловецкое.

## 2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Описание объектов исследования

Точки отбора проб пресной и морской воды выбраны в зависимости от нагрузки, оказываемой на водоемы. На рисунке 2.1 представлена схема расположения точек мониторинга (отбора проб воды).

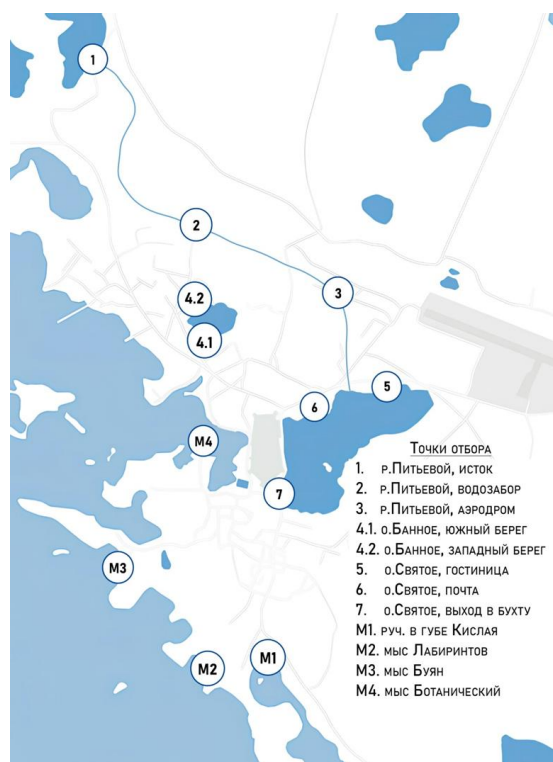


Рисунок 2.1 - Схема расположения точек мониторинга

В настоящее время хозяйственно-питьевое водоснабжение поселка Соловецкий осуществляется из Питьевого ручья (канала), соединяющего Питьевое и Святое озеро. Качество воды Питьевого ручья исследовали в 3 точках – исток из озера Питьевое (1), водозабор (2) и точка ниже по течению после аэродрома (3). В среднем течении - в районе аэродрома в ручей попадает вода с территории, поверхность которой была нарушена при строительстве взлетно-посадочной полосы.

На Святом озере для мониторинга выбраны 3 точки – у гостиницы “Островито Морюшко” (5), у почты (6) и на выходе в бухту Благополучия (7). Водоем служил неисчерпаемым резервуаром пресной воды у самых стен монастыря. Раньше по приезду на святую землю богомольцы входили в монастырь только после купания в Святом озере [4]. В настоящее время на берегу стоят знаки «Купание запрещено».

Озеро Банное исследуется нами в двух точках – возле Валунной бани (4.1) и современной бани (4.2, с 2022 года). На берегу озера издавна располагались монастырская мастерская по переработке кож и банное хозяйство монастыря. Сейчас там стоят Белецкая баня (с 1997 г. — не используется) и современная баня (здание

бывшей котельной). Известно, что на берегу озера местные жители стирают ковры, а также в водоем попадают очищенные ливневые сточные воды с территории аэродрома. Проведенные учеными ФИЦКИА УрО РАН исследования выявили в летний период 2022 г. в озере интенсивное «цветение» воды [5]. Проблема массового развития потенциально токсичных цианопрокариот представляет собой угрозу для качества водных и гидробиологических ресурсов. «Цветение» воды может возникнуть в результате совместного действия целого комплекса факторов, наиболее значимыми при этом являются антропогенные факторы [6].

Еще в 2012 году поднимался вопрос о переносе водозабора на Питьево озеро, из которого и вытекает Питьево ручей, так как каждую зиму существует угроза его промерзания, а также строительстве новых очистных сооружений, так как построенные в конце 70-х годов не были пущены в работу [7].

Отбор морской воды проводится в точках - ручей в Кислой губе (М1), мыс Лабиринтов (М2), мыс Буян (М3), мыс Ботанический (М4). Во время отбора проб в 2019 году в губе Кислая обнаружен несанкционированный сброс сточных вод в районе отеля «Соловки», что и стало причиной его ежегодного мониторинга. Мыс Ботанический (М4) наиболее важная точка, так как показывает качество выносимой в Белое море воды. Более того, в бухту Благополучия сбрасываются неочищенные сточные воды. Точки отбора на мысе Лабиринтов (М2) и мысе Буян (М3) являются дополнительными и необходимы для комплексной характеристики морских вод вблизи поселения Соловецкое. Кроме того, в районе мыса Буян (М3) строятся очистные сооружения и очищенные сточные воды будут сбрасываться в море по глубоководному рассеивающему выпуску, а место сброса должно входить в программу оценки антропогенного воздействия [2].

## **2.2 Отбор, консервация и транспортировка проб**

Забор воды из пресных водоемов осуществляется в вечернее время (период пиковой нагрузки) для оценки влияния максимального сброса хозяйственно - бытовых стоков. Воду отбирали пробоотборником с глубины от 10 до 50 сантиметров от поверхности воды в чистую пластиковую тару [8]. Отбор проб морской воды осуществлялся на отливе не менее чем в 10 см от поверхности воды и не ближе чем 4 метра от берега [8], за исключением Кислой губы, где это невозможно по причине малой глубины и высокой заиленности.

Ввиду отсутствия возможности проведения арбитражных анализов в полевых условиях, пробы воды объемом, необходимым для анализа на химические показатели, фильтровали через фильтр «синяя лента», консервировали (замораживали) и хранили

при температуре ниже – 20°C. Из пресных и морских водоемов так же отбирали образцы воды на микробиологический анализ в стерильные пробирки Falcon, хранили при температуре ниже – 20°C [9].

Для выполнения анализа пробы транспортировались в лабораторию кафедры биологии, экологии и биотехнологии авиатранспортом в сумке-холодильнике.

### **2.3 Химические анализы**

Химическое потребление кислорода (ХПК) - интегральный показатель качества воды. Анализ проводили фотометрическим методом с применением анализатора Флюорат [10].

В природных и сточных водах фосфор может присутствовать в разных видах, поэтому мы оценивали показатель общий фосфор, как сумму минерального и органического, фотометрическим методом [11].

Содержание общего азота измеряли методом Королева-Вальдеррама [12] через азот нитратный [13].

### **2.4 Микробиологические показатели**

Микробиологический анализ производили, основываясь на методических указаниях МУК 4.2.1018—01 [14]. Для определения общего числа микроорганизмов (ОЧМ) подсчитывали колонии, образующиеся на питательном агаре после инкубирования при температуре  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  и  $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$  в течение 24 ч. Посев при температуре  $22^\circ\text{C}$  позволяет определить автохтонную водную микрофлору изучаемого водоема. ОЧМ при температуре инкубации  $37^\circ\text{C}$  – индикаторный показатель микробного загрязнения, внесенными в водоем микроорганизмами (аллохтонными) в результате антропогенного воздействия, в том числе фекального сброса.

Для выявления наличия бактерий группы кишечной палочки (БГКП) исследуемую воду засеивали сначала в среду Кесслера. Посевы инкубировали при  $(37\pm 1)^\circ\text{C}$  в течение 48 часов. При положительной реакции среды проводили перенос культуральной жидкости на среде Кесслера бактериологической петлей на среду Эндо для получения изолированных колоний, и инкубировали при температуре  $(37\pm 1)^\circ\text{C}$  в течение 24 часов. Образование типичных для колиформных бактерий колоний свидетельствовало о присутствии в пробе БГКП. Результаты анализов воды, полученные в ходе исследования, сравнивались с требованиями нормативной документации [15].

### **3. ОБОБЩЕНИЕ И КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА**

#### **3.1. Влияющие факторы**

Посёлок Соловецкий является наиболее крупным поселением на архипелаге, где проживает большая часть как местного населения, так и приезжающих на остров паломников и туристов. Последние размещаются не только в гостиницах и частных домах, но и палаточном лагере, находящемся к северу от поселка. Отсутствие значимых производств и малое количество автотранспорта делают хозяйственно-бытовые отходы главным фактором антропогенной нагрузки на Соловках, что является основным источником загрязнения природных экосистем. Местами активного водопользования являются (Рисунок 2.1): Питевой ручей в районе водозабора (2), южный берег Банного озера (4.1), Святое озеро в районе почты (6). Наиболее подвержены антропогенной нагрузке: бухта Благополучия (М.4), куда сбрасывается большая часть хозяйственно - фекальных отходов посёлка, западный берег Банного озера (4.2), неопознанный сток в ручье в губе Кислая (М1) и Святое озеро возле гостиницы “Островито Морюшко” (5). Загрязнение водоемов происходит из-за отсутствия поселковых очистных сооружений и локальных очистных сооружений (септиков).

Нагрузка на водоемы значительно возрастает в летнее время. Постоянно проживающие население на Соловках растёт достаточно медленно (2022 - 834, январь 2024 - 934 человека [16]), а туристический поток растет год от года: в 2015 году Соловецкий архипелаг посетило 25 701 человек [17], а в 2022 количество туристов и паломников составило 64 874 [18]. Популяризация данного направления и стабильный рост на протяжении 8 лет позволяет прогнозировать увеличение количества туристов и паломников на архипелаге. В 2023 году президентом Путиным В.В. подписан указ о праздновании в 2029 году 600-летия основания первого монашеского поселения на Соловецком архипелаге, что будет способствовать еще большему росту туристического потока и усилению нагрузки на природные экосистемы [19].

Динамика уровня загрязненности водных объектов зависит от множества факторов, среди которых немаловажную роль занимают климатические. Средняя температура в летние месяцы на архипелаге в исследуемый период (2019 - 2023) варьировалась от + 11,2°С в 2019 году до +14,8°С в 2022 году. Количество выпавших осадков в этот период было от 38,3 мм в 2021 году до 79,7 мм в 2020 году. В целом, низкая температура и регулярные дожди благотворно сказываются на состоянии водоемов: рост микроорганизмов замедляется, а дожди разбавляют воду водоемов. При

повышенной температуре активность микроорганизмов возрастает, что приводит к цветению и эвтрофикации.

### 3.2. Химические показатели

Биогенные элементы (азот и фосфор), попадая в водоём в виде различных соединений, становятся питанием для групп микроорганизмов гидролитиков, разлагающих их в доступную для усвоения форму. Вместе с веществами, вымываемыми из почвы и попадающими в водоемы со стоками, биогенные вещества в высоких концентрациях способствуют росту микроорганизмов, которые участвуют в эвтрофикации водоемов.

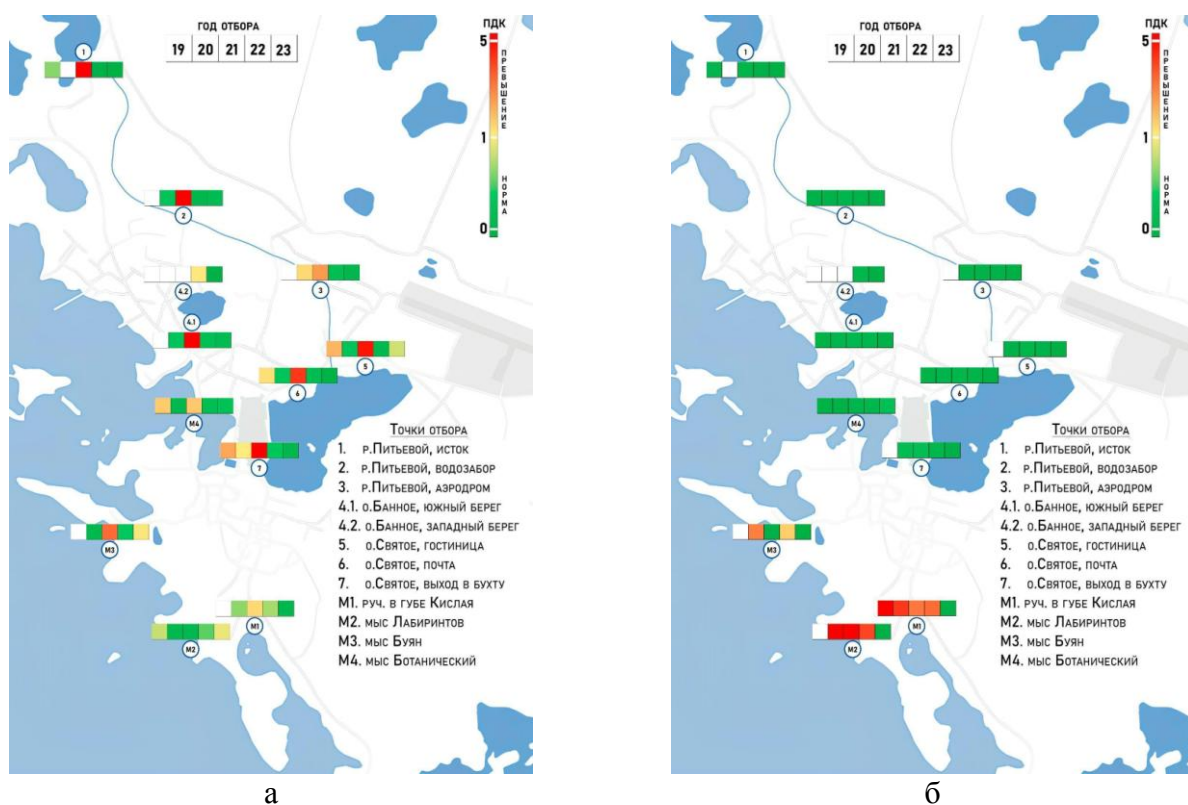


Рисунок 3.1 - Динамика изменения: а - общего азота. ПДК 2 мг/дм<sup>3</sup> [21]  
б - общего фосфора. ПДК 1,14 мг/дм<sup>3</sup> [20]

Показатель “общий азот” в Российской Федерации нормируется согласно ГН 2.1.5.1315-03: концентрация азота не должна превышать 2 мг/дм<sup>3</sup> [21]. За исследуемый период показатель значительно уменьшился (Рисунок 3.1). Резкий скачок в 2021 году может быть связан с повышением среднемесячной температуры в летний период (14,4°C), одновременно с низким уровнем осадков (38,3 мм) - минимальным за исследуемый период. Тем не менее, с 2019 года показатель общего азота уменьшился практически во всех точках и не превышает ПДК. Повышенные значения в морской воде (М2, М3 (Рисунок 3.1. А)) связаны с особенностями активности роста и разложения водорослей.



Общий фосфор нормируется СанПиН 1.2.3685-21 [19] и составляет 1,14 мг/дм<sup>3</sup>. Значения этого показателя были стабильны и находились в пределах нормы на протяжении всего периода отбора (Рисунок 3.2. А). Учитывая, что большая часть фосфора попадает в воду вследствие вымывания из почвы, малые значения показателя соотносятся с низкой минерализацией и отсутствием активного земледелия в поселении Соловецкое. Колебания концентрации фосфора в морской воде аналогична динамике изменения азота.

Интегральный показатель ХПК нормируется СанПиН 2.1.3684-21 [22] и ПДК составляет для Питьевого ручья в месте водозабора 15 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, для прочих пресных объектов - 30 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Ввиду высокого содержания хлоридов в морской воде, измерение ХПК в точках М.1 - М.4 не было возможным. Значения показателя представлены на рисунке 3.2.

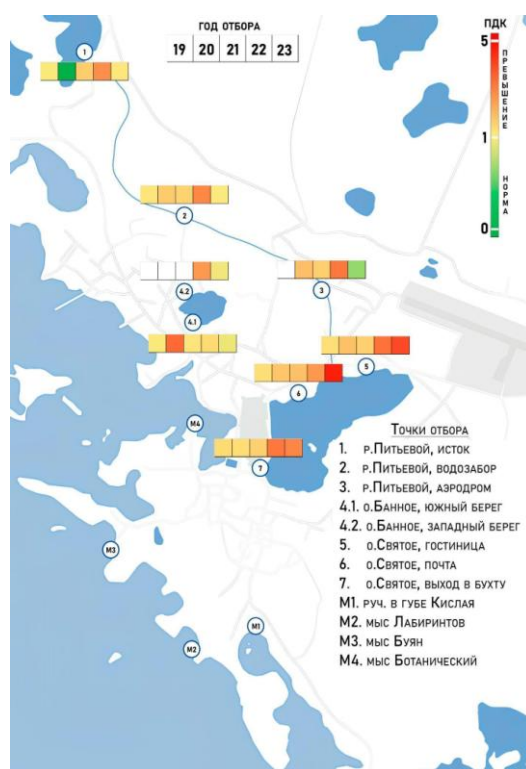


Рисунок 3.2 - Динамика изменения ХПК. Питьевое озеро и водозабор ручья Питьевой ПДК 15,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, прочие пресные водоемы - ПДК 30,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>

За период мониторинга 2019 - 2023 гг. наиболее заметные изменения произошли в Святом озере: во всех точках отбора наблюдается рост ХПК более чем в 3,5 раза (Рисунок 3.2.). Характер загрязнений свидетельствует о регулярных сбросах от почты (6) до гостиницы “Островито Морюшко” (5), включая сброс в Питьевой ручей ниже по течению после аэродрома (после точки 3).

Динамика изменения качества воды в Питьевом ручье (2) совпадает с истоком из озера Питьевое (1). От Питьевого озера до водозабора отсутствует любая хозяйственная

деятельность, поэтому зафиксированные колебания носят природный и погодный характер.

Качество воды в озере Банное (4.1), как ранее наиболее загрязненном, в 2022 - 2023 гг. улучшилось и близко к показателям 2019 года, что связано с завершением работ на аэродроме и пуском очистных сооружений ливневых сточных вод. Однако до сих пор фиксируется превышение ХПК на западном берегу (4.2), что связано с работой бани.

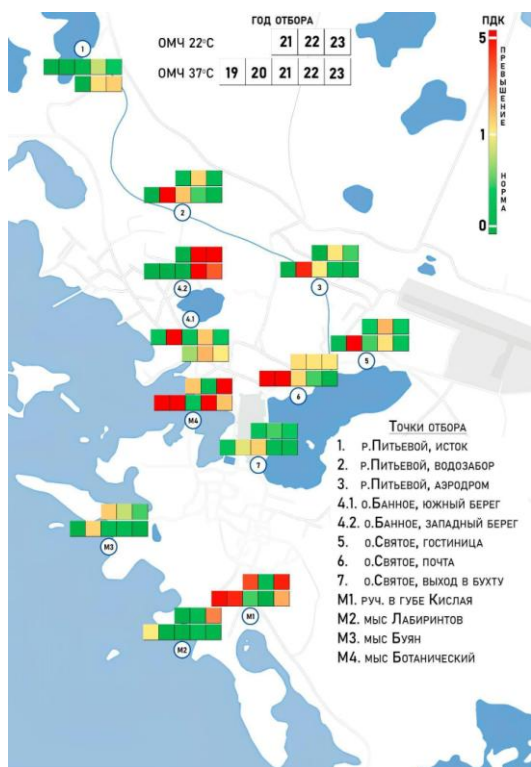
### **3.3. Микробиологические показатели**

Естественная микрофлора природных объектов формируется под действием множества факторов, среди которых есть вышеупомянутые климатические факторы, химический состав среды, состав прибрежных почв. Вместе с особым ботаническим составом (наличием водной растительности) это образует устойчивый микробиологический биоценоз, который в естественных условиях отличается относительной стабильностью численности и состава. Сбросы хозяйственно-бытовых стоков, содержащие большое количество биогенных элементов, привносит неспецифическую микрофлору, которая может конкурировать с естественной и вызывать ряд заболеваний. Поэтому микробиологические показатели в природных водоемах строго нормируются [22]: ПДК ОМЧ 10 КОЕ/мл, БГКП - отсутствие.

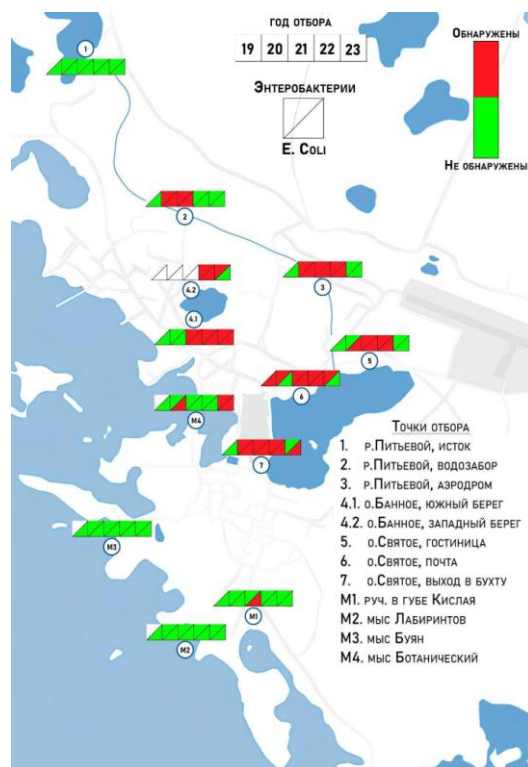
За период наблюдений уменьшилась бактериальная обсемененность в Питьевом ручье (1-3) и Святом озере (5-7), где большинство точек укладываются в ПДК (Рисунок 3.3а). Наиболее высокие значения характерны для Банного озера (4.1 и 4.2), бухты Благополучия (М.4) и Кислого ручья (М.1).

Энтеробактерии и входящая в них кишечная палочка являются типичными представителями микрофлоры человека и прочих млекопитающих, имеющих крайне ограниченное распространения в природных водоёмах. Обнаружение энтеробактерий может свидетельствовать о попадании в исследуемый объект фекальных сбросов.

С 2020 года энтеробактерии периодически выявлялись во всех объектах водопользования поселка, включая Питьевой ручей, в котором на протяжении 3-х лет также обнаруживалась кишечная палочка (Рисунок 3.3. Б). В настоящее время БГКП сохраняются в Банном, Святом озерах и бухте Благополучия, куда сбрасываются большинство хозяйственно - бытовых стоков без очистки.



а



б

Рисунок 3.3 - Динамика изменения микробиологических показателей.

а - ОМЧ, ПДК 10 КОЕ/мл. б - Энтеробактерии/E. Coli

#### 4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ

На Соловках ведется большая работа по восстановлению монастыря и расширению музейной деятельности, но в то же время некоторые водоемы Большого Соловецкого острова находятся в плачевном состоянии. Особое внимание требуют Святое озеро как водоём рекреационного назначения, Кислая губа, куда происходит сброс сточных бытовых вод, Бухта Благополучия, являющаяся визитной карточкой наряду с Соловецким монастырем и Банное озеро, которое уже носит статус мезотрофно-эвтрофного водоема. Для ослабления негативного антропогенного воздействия на водную экосистему, необходимо проведение природоохранных мероприятий, в том числе восстановление природных водоемов [6].

В условиях Соловков наиболее применимы биотехнологические методы восстановления, а именно биоремедиация. Под ней понимают комплекс методов очистки вод, с использованием биологических объектов: насекомых, микроводорослей, бактерий или грибов. В зависимости от свойств и состава воды, степени бактериального загрязнения, наличия водной растительности подбираются программы внесения биопрепаратов. Мы предлагаем программу на период туристического сезона до момента пуска в работу сооружений по очистке хозяйственно бытовых сточных вод, а также для восстановления указанных водоемов (Таблица 1).

Таблица 1 – Программа восстановления природных водоемов поселения Соловецкое

Биопрепарат	Объём объекта, м <sup>3</sup>	Дозировка г/м <sup>3</sup> , л/м <sup>3</sup>	Общий расход, кг*м <sup>3</sup> , л*м <sup>3</sup>	Розничная цена, руб/кг, руб/л	Стоимость проекта, тыс. руб
Бухта Благополучия					
Bioforce Aqua Balans [23]	40 000	20	800	4020	3216
Roetech WT [24]		6,25	250	5800	1450
Губа Кислая					
Bioforce Aqua Balans [23]	43 000	20	860	4020	3457
Pond Clear [25]		0,05	2150	2307	4960
Озеро Святое					
Bioforce Aqua Crystal [26]	20 000	20	400	4020	1608
Bioforce Aqua Balans [23]		20	400	4020	1608
Озеро Банное					
Bioforce Aqua Balans [23]	38 290 *	20	766	4020	3079
Roetech WT [24]		6,25	240	5800	1392

\* - по данным исследователей ЛПИМЭ ФИЦКИА УрО РАН

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Соловецкий архипелаг является особо охраняемой территорией, историческим и природным памятником русского севера, сохранение которого является важной задачей для нынешнего поколения. Проведение мониторинговых исследований природных водоемов в данном контексте необходимо для понимания актуальной экологической обстановки на архипелаге и корректировки принимаемых мер для улучшения ситуации. По результатам пятилетнего мониторинга можно констатировать, что неудовлетворительное состояние природных водоемов в районе поселения Соловецкое является следствием сброса неочищенных сточных вод, а также естественными биологическими процессами. Ежегодное повышение ХПК и бактериальной загрязненности во всех точках Святого озера, мысе Ботанический (как точке контроля состояния бухты Благополучия) свидетельствует об увеличении сбрасываемых неочищенных стоков. Несмотря на улучшение ситуации на Банном озере, оно сохраняет статус эвтрофного.

Причиной сложившейся ситуации можно считать отсутствием эффективной системы очистки сточных вод, появление которой не предвидится в ближайшее время. При этом увеличение туристического потока усугубляет ситуацию, создавая повышенную нагрузку на экосистемы в летний сезон. При сохранении этих условий неизбежна эвтрофикация Святого озера и усиление зарастания Банного озера.

Временным решением может служить применение биопрепаратов, вносимых в сточные воды и непосредственно в сами водоемы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Об охране окружающей среды от 10.01.2002 № 7-ФЗ // (ред. от 25.12.2023, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024). - 89 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ // (ред. от 25.12.2023, с изм. и доп. в ред. от с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023). – 52 с.
3. Руководящий документ: РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. – Введ. 03.04.2017. Ростов-на-Дону, 2016. – 104 с.
4. Григорьева, Е. Природопользование Соловецкого монастыря [Электронный ресурс] // Региональная общественная организация содействия объединению русского народа "Русское Собрание". - 2001. - Режим доступа: [https://ruskline.ru/monitoring\\_smi/2001/10/09/prirodopol\\_zovanie\\_soloveckogo\\_monastyrua](https://ruskline.ru/monitoring_smi/2001/10/09/prirodopol_zovanie_soloveckogo_monastyrua) (дата обращения: 20.01.2024).
5. Новикова, Ю. В. Фитопланктон островного и материкового озер севера европейской части России по летним показателям развития / Новикова Ю.В., Новоселов А.П., Дворянкин Г.А., Матвеев Н.Ю. // Экология. – 2023. – № 5. – С. 387-390. DOI 10.31857/S0367059723050074.
6. Новикова, Ю. В. О состоянии фитопланктона озера Банное (Соловецкий архипелаг) по результатам летней съемки 2023 г / Ю. В. Новикова // II Лавёровские чтения Арктика: актуальные проблемы и вызовы : Сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием, Архангельск, 13–17 ноября 2023 года. – Архангельск: ООО "Типография № 2", 2023. – С. 577-579.
7. Власти Соловков выделяют 14,6 млн руб на уборку мусора с острова [Электронный ресурс] // РИА Новости. - 2012. - Режим доступа: <https://ria.ru/20120806/717725997.html> (дата обращения: 20.01.2024).
8. ГОСТ 31861-2012 Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб. Требования к пробоотборникам, консервация и хранение : дата введения 2012-11-15. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 35 с.
9. ГОСТ 31942-2012 Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. : дата введения 2012-12-3. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 27 с.
10. ПНД Ф 14.1:2.4.190-2003 Методика измерений бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом с применением анализатора жидкости "Флюорат-02" : дата введения 2012-08-10. – Санкт-Петербург : "Люмэкс-маркетинг", 2012. – 24 с.
11. ПНДФ 14.1:2.106-97 Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфора общего в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом после окисления персульфатом : дата введения 1997-03-21. – Москва: Изд-во Гос. Комитета РФ по охране окружающей среды. – 2004. – 18 с.
12. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового океана / В. В. Сапожников, А. И. Агатова, Н. В. Аржанова [и др.] // М.: Изд-во ВНИРО – 2003. - 202 с.

13. ПНД Ф 14.1:2.2.4-95 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. – : дата введения. 1995. – Москва: Изд-во Гос. Комитета РФ по охране окружающей среды, – 1995. – 15с.
14. МУК 4.2.1018-01 Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды : дата введения 2001-07-01. – Москва, 2001. – 22 с.
15. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. / Минздрав России. – дата введения. 01.01.2001. – Москва, 2000. – 18 с.
16. Общая информация [Электронный ресурс] // Администрация муниципального образования «Сельское поселение Соловецкое». - 2022. - Режим доступа: <https://соловецкое.рф/poselenie/> (дата обращения: 20.01.2024).
17. Грушенко Э. Б. Развитие индустрии туризма на Соловецких островах //Наука-2020. – 2016. – №. 5 (11). – С. 357-361.
18. В прошлом году на Соловках побывало более 60 тысяч туристов [Электронный ресурс] // Правда севера. - 2023. - Режим доступа: <https://pravdasevera.ru/2023/01/02/63b26b21c8546391ff4c8c02.html> (дата обращения: 20.01.2024).
19. Указ Президента Российской Федерации от 19.10.2023 № 782 "О праздновании 600-летия основания первого монашеского поселения на Соловецком архипелаге" [Электронный ресурс] // Официальное опубликование правовых актов. – 2023. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310190030> (дата обращения: 26.01.2024).
20. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : дата введения 2021-01-29. – Москва, 2021. – 988 с.
21. ГП 2Л.5Л315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования Гигиенические нормативы : дата введения 2003-05-19. – Москва : Минздрав России, 2003. – 154 с.
22. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению : дата введения 2021-03-01. – Москва : Роспотребнадзор, 2021. – 67 с.
23. Бактерии для прудов и водоемов BIOFORCE Aqua Balance [Электронный ресурс] // BIOFORCE. - Режим доступа: <https://биофорс.рф/bioforce-aqua-balance/> (дата обращения: 24.01.2024).
24. Roetech биологическое средство для быстрого разложения органических отходов в непроточных водоемах [Электронный ресурс] // Roetech - Режим доступа: <https://www.roetech-shop.ru/product/roetech-biol-sredstvo-dlya-bystrago-razlozheniya-organicheskikh-othodov-v-neprotochnyh-vodoemah> (дата обращения: 24.01.2024).
25. Средство против взвеси и мутной воды POND CLEAR [Электронный ресурс] // Pond. Все для пруда - Режим доступа: <https://profprud.ru/magazin/product/sredstvo-protiv-mutnoy-vody-pond-clear> (дата обращения: 24.01.2024).

26. Бактерии для прудов и водоемов BIOFORCE Aqua Crystal [Электронный ресурс] // BIOFORCE. - Режим доступа: <https://биофорс.рф/bioforce-aqua-crystal/> (дата обращения: 24.01.2024).