

ГБНОУ «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»  
Эколого-биологический центр «Крестовский остров»  
Лаборатория экологии и биомониторинга «ЭФА»

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛКИНСКИХ  
ИСТОЧНИКОВ (ЕЛИЗОВСКИЙ РАЙОН, КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)  
ПО ДИАТОМОВЫМ ВОДОРΟΣЛЯМ**

**Автор:**

Тютерева Софья Вячеславовна,  
10 класс, ГБОУ гимназия № 586

**Руководитель:**

Анисимова Александра Владимировна,  
педагог дополнительного образования  
ГБНОУ «СПБ ГДТЮ» ЭБЦ «Крестовский остров»

Санкт-Петербург  
2025

## Оглавление

Введение.....	3
Обзор литературы.....	4
Материалы и методы.....	6
Результаты и обсуждение.....	10
Выводы.....	15
Список литературы.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Видовой список, встречаемость и экологические характеристики диатомовых водорослей.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Фотографии диатомовых водорослей, встречающихся в большинстве точек и являющихся видами индикаторами.....	20

## Введение

Малкинские источники располагаются на полуострове Камчатка, недалеко от поселка Малки. Площадка с термальными минеральными водами находится с левой стороны реки Ключевки, которая является притоком реки Быстрая, внутри красивой речной долины, имеющей протяженность около полукилометра, которую окружают живописные сопки, заросшие каменно-березовыми лесами. На галечном основании расположились 6 грифонов, несколькими группами, откуда выбивается на поверхность горячая вода, температура которой может достигать +84°C. [3]

На протяжении многих лет сами приезжие добавляли изменения в эти каналы, чтобы получить комфортную температуру воды в бассейнах. В летний период сюда приезжает искупаться около одной тысячи человек в день, а в пиковые периоды было зарегистрировано до 2,5 тысяч человек. На источники оказывается антропогенное воздействие ежедневно. [2]

С другой стороны термальные источники являются средой обитания для уникальных сообществ организмов, приспособленных к условиям высоких температур. Микроскопические диатомовые водоросли, входящие в состав перифитона горячих источников, играют важную роль в этих сообществах как первичные продуценты. Многие из них обладают высокой чувствительностью к изменению условий среды, что делает их хорошими биоиндикаторами. По структуре их сообществ и экологическим характеристикам видов можно оценить уровень органического загрязнения и общую степень нарушенности экосистемы, что особенно важно в условиях высокой антропогенной нагрузки на Малкинские источники.

Отсюда можно вывести **цель** нашей работы: выяснить, оказывает ли влияние антропогенное воздействие на экологическое состояние Малкинских источников с помощью биоиндикации по диатомовым водорослям. Для достижения цели нужно выполнить следующие **задачи**:

- 1) проанализировать видовое разнообразие диатомовых водорослей исследуемых источников для выявления точек с возможными нарушениями;
- 2) провести анализ экологических характеристик встреченных видов-индикаторов для оценки некоторых параметров среды источников;
- 3) на основе полученных данных оценить вклад антропогенного воздействия на экологическое состояние источников.

## Обзор литературы

Горячий источник - это геотермальный объект, который образуется в результате нагревания и циркуляции подземных вод в толще горных пород. В горячих источниках температура воды может варьироваться от умеренных 30°C до экстремальных 100°C и выше. Они могут располагаться как на суше, так и под водой, и играют важную роль в экосистемах.

Термальные источники - это очень популярные туристические места. Многие любители лечебного отдыха стремятся посетить их. Минеральные воды используются для лечения различных недугов, таких как заболевания суставов, болезни кожи, стресс и многих других. Считается, что вода из термальных источников обладает уникальными свойствами благодаря высокому содержанию минеральных солей, которые создают противовоспалительный и восстановительный эффект. Именно поэтому в последние десятилетия горячие источники сталкиваются с экологическими проблемами, связанными с деятельностью человека: с загрязнением, чрезмерным использованием для нужд туризма и для геотермальной энергетики.

Малкинские источники располагаются на полуострове Камчатка, недалеко от поселка Малки. Площадка с термальными минеральными водами находится с левой стороны реки Ключевки, которая является притоком реки Быстрая. На протяжении многих лет сами приезжие добавляли изменения в эти каналы, чтобы получить комфортную температуру воды в бассейнах. В летний период сюда приезжает искупаться около одной тысячи человек в день, а в пиковые периоды было зарегистрировано до 2,5 тысяч человек. На источники оказывается антропогенное воздействие ежедневно.

Термальные источники являются примером экстремальных экосистем, которые поддерживают жизнь благодаря адаптации и играют важную роль в биохимических процессах. В них обитают экстремофильные микроорганизмы - термофилы и гипертермофилы, которые способны жить и размножаться при высоких температурах. Основу экосистемы источников составляют хемотрофные бактерии, археи, цианобактерии, простейшие и микроскопические водоросли, обитающие в отложениях.

Водоросли, как автотрофы, являются основой пищевой цепи, а значит потребляют биогенные соединения азота и фосфора. Биогенная нагрузка отражается не только на обилии водорослей, но и на их видоразнообразии.

Биоиндикационные методы на основе видового состава сообществ и обилия водорослей дают возможность выявить все природные и антропогенные процессы, протекающие в водном объекте. Водоросли первыми реагируют на загрязнители, не успевая их накапливать. Реакция на изменения условий окружающей среды может произойти в течение нескольких часов.

Одним из самых важных биоиндикационных звеньев является видовой состав сообществ водорослей. Система развивалась по направлению расширения списка видов-индикаторов.

Рассмотрим основные экологические характеристики видов-индикаторов.

Сапробность - это характеристика водного источника, отражающая количество органического вещества в воде. По отношению к сапробности живые организмы делятся на несколько групп. Ксеносапробные организмы обитают в воде с очень сильным загрязнением. а-Мезосапробные и в-Мезосапробные организмы предпочитают воду с умеренным загрязнением, и олигосапробные, которые могут жить только в чистой и очень чистой воде.

Водородный показатель(РН)- это показатель кислотности или щелочности раствора, который выражает концентрацию ионов водорода в растворе. Живые организмы предпочитают разную среду обитания. Индифференты равнодушны к РН своего местообитания. Алкалифилы и алкалибионты предпочитают повышенную или умеренно щелочную среду, а ацидофилы любят высокую кислотность.

Галобность - это характеристика, которая описывает отношение вида к концентрации NaCl в воде. Индифференты относятся равнодушно к концентрации соли в воде. Галофобные организмы не переносят высокую концентрацию солей, а галофилы нуждаются в высокой солености среды для жизнедеятельности.

Научных работ про диатомовые водоросли горячих источников Камчатки очень мало, а из тех, что есть в основном представлены только видовые списки, и не делается никаких выводов относительно состояния самих источников. Из интересных исследований на эту тему можно выделить работы Т.В. Никулиной “Список диатомовых водорослей трех термальных источников Камчатки-Малкинских, Начикинских и Верхне-Паратунских” [5] и “Флора диатомовых водорослей Дачных термальных источников” [6].

В своей статье [5] Никулина дает краткое описание основных характеристик Малкинских источников. По ее данным температура воды в них составляет 65,9 градусов по шкале Цельсия, и рН=3,5. Воды этих термальных источников гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные натриевые с общей минерализацией до 0,7 г/л, а состав газа азотный. Всего в Малкинских источниках автором статьи было обнаружено 23 вида диатомовых водорослей.

## Материалы и методы

Малкинские термальные источники расположены в 130 км от города Петропавловска-Камчатского вблизи села Малки в живописной долине реки Ключёвка, которая является левым притоком реки Быстрая (полуостров Камчатка) Это очень популярное туристическое место. Там мы отобрали пробы в начале августа 2024 года. Всего было отобрано четыре пробы в различных точках. На карте (Рис.1) точки отбора проб помечены цифрами. Ниже представлены фотографии и описание каждой точки.



Рис.1. Расположение точек отбора проб  
(Малкинские источники, Елизовский район, Камчатский край)

**Точка 1.** Данная точка находится немного в отдалении от остальных горячих источников и одна из немногих, которая редко используется человеком. Источник дикий и никак не благоустроен, а по берегу, вокруг него, много растительности (Рис.2).

Сам источник небольших размеров и имеет выход горячей воды на поверхность в двух местах. Температура в данной точке около 30 градусов по шкале Цельсия. Каменистое дно покрыто толстым слоем ила, который в самом центре становится выше голени. Пробу отбирали почти из середины источника.



Рис.2. Точка 1.



Рис.3. Точка 2.

**Точка 2.** Вторая точка находится рядом с другими источниками, но по левую сторону моста. Этот источник один из самых популярных из-за своей комфортной температуры. У него находится деревянная лестница, которая облегчает спуск. По берегу растительность практически отсутствует (Рис.3).

Источник среднего размера и соединен сквозными протоками с рекой Ключевка. У этой точки каменистое дно, покрытое равномерным небольшим слоем темно-зеленого ила. Температура около 36 градусов по шкале Цельсия. Пробу отбирали у берега.



Рис.4. Точка 3.



Рис.5. Точка 4.

**Точка 3.** Третья точка менее популярна из-за более высокой температуры, которая не для всех комфортна. Она находится рядом с другими источниками по правому берегу реки Ключевка и соединена с соседним источником небольшим каналом. Берег горячего источника окаймлен плитняком (Рис.4).

У этой точки тоже каменистое дно, покрытое нарастанием сине-зеленых водорослей. Он небольшого размера и средней глубины. Температура около выхода 55 градусов, а по середине 45 градусов по шкале Цельсия. Пробу отбирали у берега.

**Точка 4.** Эту пробу мы отобрали у выхода горячей воды на поверхность, поэтому у этой точки очень высокая температура. Из-за непригодных для купания условий человек ее не использует. Берег не благоустроен, и вокруг растет трава (Рис.5).

Точка представляет из себя мелкий бассейн с очень горячей водой, который соединен с другим источником. В другом источнике уже комфортная температура, благодаря смешению горячей воды с холодной из реки Ключевка. У этой точки также каменистое дно, которое покрыто зелено-коричневыми обрастаниями. Температура около 73 градусов по шкале Цельсия.

#### *Методика отбора и анализа проб*

Пробы отбирали на перифитон [4], а в нем смотрели диатомовые водоросли. Их мы собирали, соскабливая обрастания ложкой с камней и собирая пипеткой верхний слой грунта.

Все пробы отбирали в небольшие пластмассовые баночки по 50-100 мл и капали в каждую несколько капель фиксатора. По возвращению мы занялись обработкой проб. Для начала нужно отмыть пробы от фиксатора. Для этого в пробирку объемом 10 мл наливаем 1 мл пробы с осадком и заливаем дистиллированной водой. (Соотношение осадка и воды из пробы 1:2.) Затем центрифугируем эти пробирки со скоростью 2000 оборотов 15 минут три раза. После каждого раза нужно отсасывать жидкость шприцем с силиконовой трубкой и сеткой так, чтобы не взбаламутить осадок. Вторым этапом нужно выжечь органику из проб. Поэтому отмытый от фиксатора материал заливаем хромпиком в соотношении 1:1. (хромпик - это смесь серной кислоты и бихромата калия.) Третьим этапом отмываем пробы от хромпика. Для этого обесцвеченный осадок разбавляем дистиллированной водой и повторно центрифугируем до удаления следов кислоты, около 4-5 раз (Рис.6).

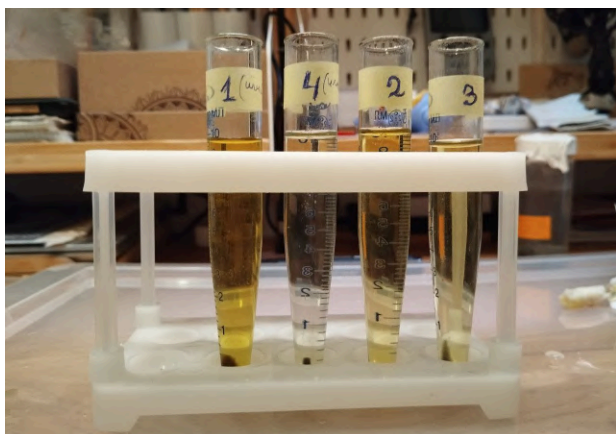


Рис.6. Пробы после центрифугирования

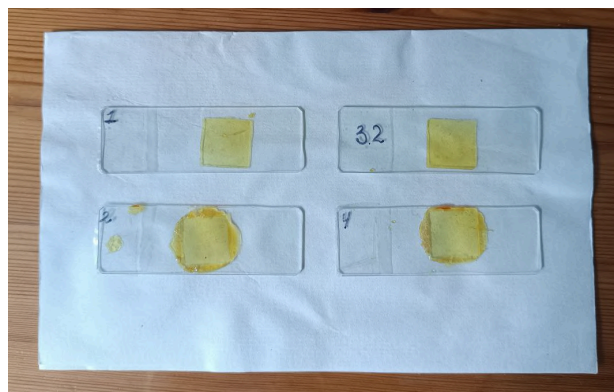


Рис. 7. Постоянные препараты диатомовых водорослей

После всего вышеперечисленного мы начали готовить сами препараты. Для этого мы капали на покровное стеклышко одну каплю осадка из пипетки и ждали полного высыхания, равномерно распределив его. Параллельно мы брали предметное стекло и топили на нем смолу “среда Эляшева”.

Растопленную смолу мы накрывали покровным стеклышком с высохшим осадком (Рис.7). Все препараты мы рассматривали под микроскопом в стократном увеличении с помощью иммерсионного масла. У каждой новой встреченной створки диатомовой водоросли мы определяли род и вид, а также измеряли ее. Для идентификации водорослей использовали стандартные определители [7;8;11-14], экологические характеристики видов-индикаторов брали из книги “Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды” [1].

## Результаты и обсуждение

### 1. Видовое разнообразие диатомовых водорослей.

Всего в ходе исследования было обнаружено 52 таксона диатомовых водорослей (Прил.1). Максимальным видовым разнообразием отличается **точка 1** (23 вида), минимальным - **точка 3** (13 видов). Низкое видовое разнообразие в **точке 3** может свидетельствовать о наличии стрессовых факторов для экосистемы в этом источнике.

Мы сравнили видовой состав исследуемых точек между собой, чтобы выявить точки, которые сильнее всего выделяются из остальных. Для этого рассчитали коэффициент Жаккара (Табл.1).

Таблица 1. Коэффициент Жаккара.

	T1	T2	T3	T4
T1	23	8	2	5
T2	0,26	16	4	4
T3	0,06	0,16	13	3
T4	0,14	0,13	0,10	19

коэффициент Жаккара	количество видов в точке	количество общих видов для двух точек
---------------------	--------------------------	---------------------------------------

Наибольшее видовое сходство имеют точки 1 и 2 (коэффициент Жаккара 0,26), а наименьшее - точки 1 и 3 (коэффициент Жаккара 0,06). Точка 3 имеет наибольшее отличие от других точек, потому что имеет наименьшее число общих видов. Индекс всех точек далек от единицы это значит, что точки достаточно сильно отличаются друг от друга по видовому составу.

### 2. Анализ экологических характеристик встреченных видов

Ниже представлены диаграммы соотношения видов индикаторов по трем экологическим характеристикам: галобность, сапробность и отношение к рН. Количество видов для которых известны индикаторные характеристики варьируются от 25-75%. Фотографии и характеристики нескольких индикаторных видов, которые были встречены в большинстве точек, представлены в Приложении 2.

Среди видов - индикаторов сапробности нам встретились ксеносапробные, олигосапробные и  $\beta$ -мезосапробные виды. Ксеносапробные виды обитают в воде, где отсутствует загрязнение, олигосапробные, где

присутствует очень слабое загрязнение, а  $\beta$ -мезосапробные живут в умеренном загрязнении.

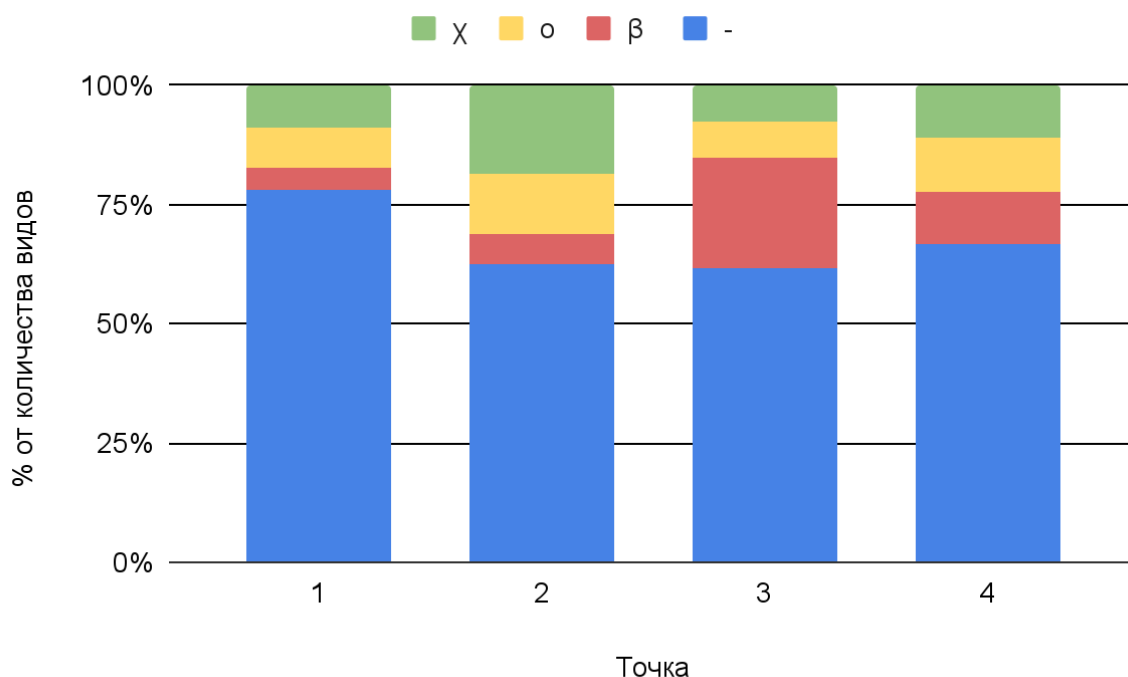


Рис. 8. Соотношение видов индикаторов сапробности ( $\chi$  - ксеносапробы; o - олигосапробы;  $\beta$  - бета-мезосапробы; "-" - остальные виды без индикаторных характеристик).

По соотношению видов индикаторов сапробности выделяются две точки (Рис.8). **Точка 3** в которой преобладают  $\beta$ -мезосапробные виды, что может свидетельствовать о наличии органического загрязнения в воде. И **точка 2** в которой по сравнению с другими больше всего ксеносапробных видов - индикаторов очень чистой воды.

Среди видов - индикаторов кислотности/щелочности среды нам встретились индифференты (ind), алкалифилы (alf), алкалибионты (alb) и ацидофилы (acf).

Во всех точках преобладают алкалифилы (Рис. 9), это говорит о том, что большинство видов встреченных нами предпочитают щелочную среду обитания, что типично для горячих источников. В **точке 2** встретились ацидофилы, что говорит о каких-то особенностях точки.

Среди встреченных видов по отношению к солености есть индифференты, галофобы и галофилы.

Во всех точках преобладают индифференты (Рис.10) - это значит, что в источниках нет экстремальной концентрации солей. В **точке 2** встречено максимальное количество галофобов, а в **точке 4** они отсутствуют, что говорит о каких-то особенностях точек.

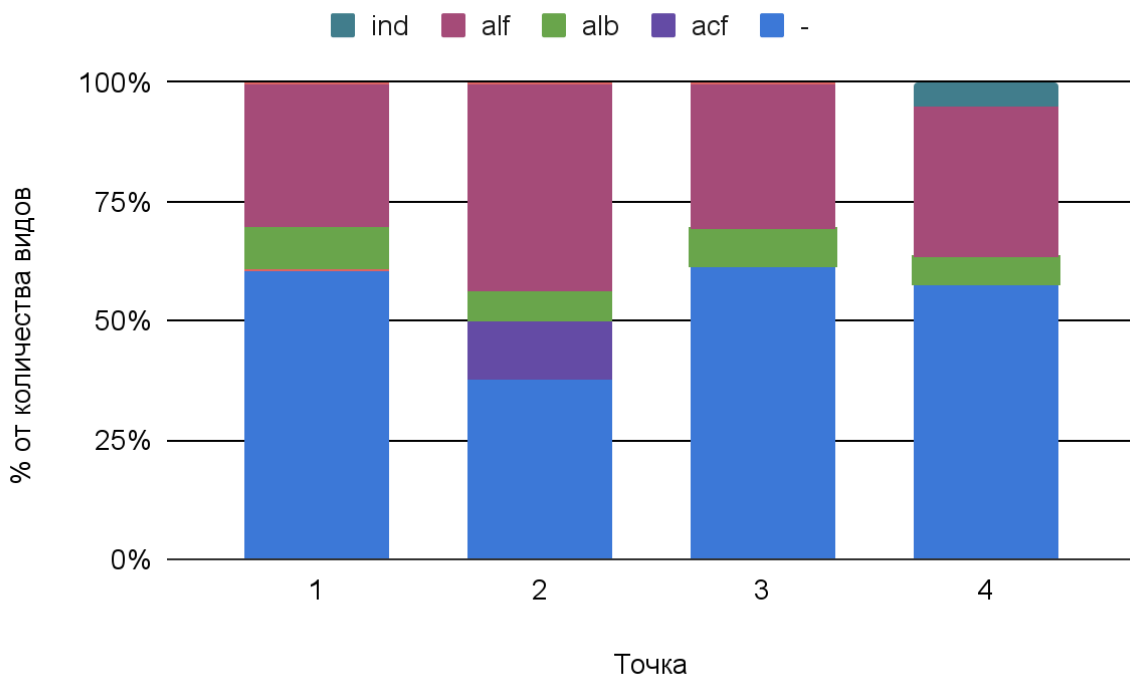


Рис. 9. Соотношение видов - индикаторов pH (ind - индифференты; alf - алкалифилы; alb - алкалибионты; acf - ацидофилы; “-” - остальные виды без индикаторных характеристик).

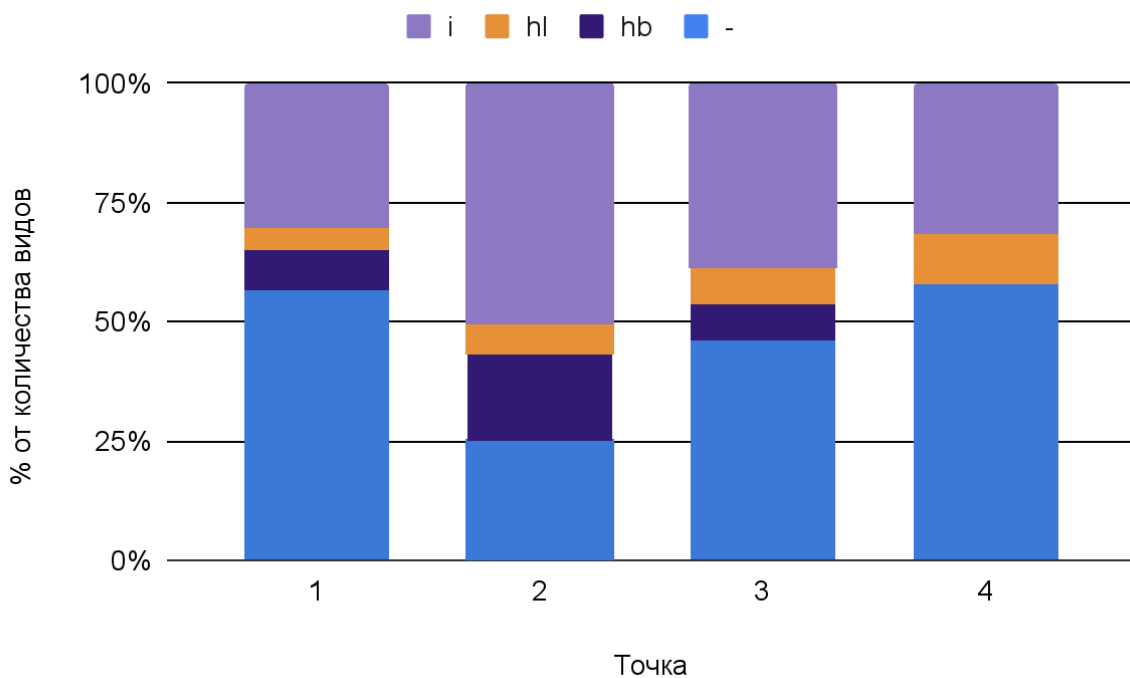


Рис. 10. Соотношение видов - индикаторов галобности (i - индифференты; hl - галофилы; hb - галофобы; “-” - остальные виды без индикаторных характеристик).

### 3. Оценка возможного антропогенного воздействия на источники

Чтобы оценить возможное антропогенное влияние на сообщества источников, мы собрали в таблицу особенности, выявленные при анализе структуры сообществ и видов-индикаторов, а также природные особенности источников и степень использования человеком (Табл.2).

Таблица 2. Сводная характеристика точек.

	Антропогенное воздействие	Природные особенности	Видовое разнообразие	Особенности соотношения видов-индикаторов
<b>Т.1</b>	редко используется человеком; дикий и неблагоустроенный	в отдалении от остальных источников; каменистое дно покрыто толстым слоем ила; +30°C	наибольшее видовое разнообразие (23 вида)	-
<b>Т.2</b>	один из самых часто используемых человеком; есть деревянная лестница	соединен сквозными протоками с р. Ключевкой; дно каменистое, покрытое илом; +36°C	среднее видовое разнообразие (16 видов)	преобладают ксеносапробы; встретились ацидофилы; максимальное количество галофобов
<b>Т.3</b>	менее часто используется человеком; берег окаймлен плитняком	соединен с соседним источником каналом; дно каменистое, покрытое слоем цианобактерий; +45°C	наименьшее видовое разнообразие (13 видов)	преобладают β-мезосапробы виды
<b>Т.4</b>	человек не использует из-за очень высокой температуры; берег не благоустроен	соединен с другим источником; дно каменистое, покрыто зелено-коричневыми обрастаниями; +73°C	сравнительно высокое видовое разнообразие (19 видов)	галофобы отсутствуют

В **точке 1** нам встретилось наибольшее видовое разнообразие, это может быть связано с тем, что источник практически не используется человеком, поэтому создаются благоприятные условия.

**Точка 2** соединена сквозными протоками с рекой Ключевка, поэтому несмотря на то, что она используется часто человеком, в ней преобладают ксеносапробные виды и встречено максимальное количество галофобов. Из реки в источник возможно также попали ацидофилы.

В **точке 3** наименьшее видовое разнообразие, а также преобладают  $\beta$ -мезосапробные виды, это объясняется тем, что вода в источнике почти полностью стоячая, и он используется человеком.

В **точке 4** нам тоже встретилось наибольшее видовое разнообразие, потому что источник не используется человеком из-за очень высокой температуры.

Общего антропогенного воздействия ни на одну из точек не было выявлено. Возможно на **точку 3** оказывается незначительное антропогенное воздействие, и при дальнейшем мониторинге источников стоит обратить внимание именно на нее.

## Выводы

1. Минимальное видовое разнообразие (13 видов) выявлены в **точке 3**, также эта точка сильнее всего отличается от других по составу видов (коэффициент Жаккара от 0,06 до 0,16). Это может свидетельствовать о наличии стрессовых факторов для экосистемы в этом источнике.
2. В результате анализа встречаемости видов-индикаторов выделяются две точки: в **точке 3** преобладают  $\beta$ -мезосапробы, что может свидетельствовать об органическом загрязнении; а в **точке 2** встретились ацидофилы и сравнительно высокое количество галофобов, что по всей видимости связано с притоком речных вод в этот источник.
3. На основе анализа полученных данных не выявлено четкой связи между характеристиками диатомовых сообществ источников и степенью антропогенной нагрузки. Признаки возможного стресса (низкое видовое разнообразие, преобладание  $\beta$ -мезосапробов) наиболее отчетливо проявляются в **точке 3**, что делает ее приоритетным объектом для дальнейшего мониторинга.

## Заключение

На основе анализа диатомовых водорослей можно сделать вывод, что все четыре точки отличаются друг от друга. Четкой зависимости от антропогенного воздействия не выявлено. Однако третья точка выделяется как зона экологического риска за счет минимального видового разнообразия и признаков органического загрязнения ( $\beta$ -мезосапробы). Именно поэтому этот источник нужно мониторить в первую очередь, чтобы выявить причины деградации. Материал для данной работы отбирался в рамках большой экспедиции на Камчатку с лабораторией “ЭФА”. В заключение хочу поблагодарить моего научного руководителя Анисимову Александру Владимировну и всех организаторов Камчатской экспедиции.

## Список литературы

1. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. В 2 ч. Ч. I: Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей / С.С. Баринаова. Ч. II: Экологические и географические характеристики водорослей-индикаторов / С.С. Баринаова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. М. : ВНИИприроды, 2000. 150 с.
2. Малкинские источники [Электронный ресурс] // URL: <https://rutravel-business.ru/kamchatka/visit/tpost/0due1fkgv1-malkinskie-istochniki> (дата обращения: 06.12.2025).
3. Малкинские источники [Электронный ресурс] // URL: <https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/petropavlovsk-kamchatskiy/spa/31759> (дата обращения: 06.12.2025).
4. Мониторинг перифитона [Электронный ресурс] // Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования» URL: [https://ecograde.bio.msu.ru/db/description/monitoring\\_methods/part\\_1.html](https://ecograde.bio.msu.ru/db/description/monitoring_methods/part_1.html) (дата обращения: 06.12.2025).
5. Никулина Т.В., Калитина Е.Г., Вах Е.А., Харитонова Н.А. Список диатомовых водорослей трех термальных источников Камчатки – Малкинских, Начикинских и Верхне-Паратунских (Россия) // Жизнь пресных вод : сб. науч. тр. / редкол.: В.В. Богатов [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2016. Вып. 2. С. 108–115.
6. Никулина Т.В., Грищенко О.В. Флора диатомовых водорослей Дачных термальных источников (Камчатка, Россия) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова : сб. науч. тр. Владивосток : ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН, 2017. Вып. 7. С. 185-193.
7. Определитель Диатомовых водорослей России / Куликовский М.С. и др. ; отв. ред. Дорофеев Н.И. Ярославль : Филигрань, 2016. 804 с.
8. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4: Диатомовые водоросли / Забелина М.М. и др. ; ред. вып. Прошкина-Лавренко А.И. М. : Советская наука, 1951. 618 с.
9. Стенина А.А. Диатомовые водоросли в источниках города Воркуты (бассейн Печоры) // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века : материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.) : в 6 ч. Ч. 2 : Альгология. Микология. Лихенология. Бриология / редкол.: К.Л. Виноградова [и др.]. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2008. С. 81–83.
10. Fazlutdinova A., Gabidulin Y., Allaguvatova R., Gaysina L. Diatoms in Kamchatka's Hot Spring Soils // Diversity. 2020. Vol. 12. Article 435.
11. Süßwasserflora von Mitteleuropa. T. 1. Naviculaceae / Kurt Krammer ; Horst Lange- Bertalot. 1986. 876 S
12. Süßwasserflora von Mitteleuropa. T. 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae / Kurt Krammer ; Horst Lange- Bertalot. 1988. 596 S
13. Süßwasserflora von Mitteleuropa. T. 3. Centrales, Fragilariaceae,

Eunotiaceae / Kurt Krammer ; Horst Lange- Bertalot. 1991.  
14. Süßwasserflora von Mitteleuropa. T. 4. Achnanthaceae / Kurt Krammer ;  
Horst Lange- Bertalot. 1991.

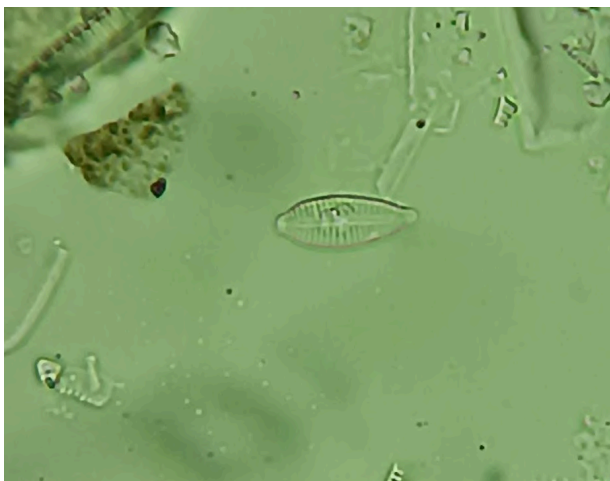
**ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Видовой список, встречаемость и экологические характеристики диатомовых водорослей.**

Вид	T1	T2	T3	T4	Мест.	Распр.	Гал.	pH	S	Инд. S
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Amphora sp.</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira granulata</i>	+				P	k	i	alf	β	1,8
<i>Cocconeis placentula</i>	+	+			B	b	i	alf	-	-
<i>Cocconeis sp.</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella cymbiformis</i>		+			B	k	i	alf	-	-
<i>Cymbella sp.1</i>				+	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella sp.2</i>				+	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella stigmaphora</i>				+	-	-	-	-	-	-
<i>Diatoma mesodon</i>	+	+			B	a-a	hb	alf	χ	0,2
<i>Diatoma tenuis</i>			+		-	-	-	-	-	-
<i>Didymosphenia geminata</i>				+	-	-	-	-	-	-
<i>Epithemia adnata</i>			+		B	k	i	alb	β	-
<i>Eunotia paratridentula</i>		+			B	k	hb	acf	χ	-
<i>Fragilaria mesolepta</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria radians</i>	+				B-P	k	i	alf	o	0,6
<i>Fragilaria tenuistriata</i>		+			B	k	i	acf	o	-
<i>Gomphinema italicum</i>			+		-	-	-	-	-	-

<i>Gomphonema angusticephalum</i>				+	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema capitatum</i>			+		-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema parvulum</i>		+	+	+	B	b	i	alf	β	-
<i>Gomphonema pumilum</i> (= <i>Gomphonema intricatum</i> var. <i>pumilum</i> )				+	B	b	i	ind	o	1,15
<i>Halamphora oligotrappenta</i>			+		-	-	-	-	o	-
<i>Halamphora sp.</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia abundans</i>				+	-	-	-	-	-	-
<i>Meridion circulare</i>	+	+	+	+	B	k	hb	alf	χ	0,65
<i>Meridion circulare</i> var. <i>constrictum</i>	+			+	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula sp.1</i>	+			+	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula sp.2</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia adamata</i>				+	B	b	i	alf	o	-
<i>Nitzschia amphibia</i>			+		B	k	i	alf	β	-
<i>Nitzschia fonticola</i>	+	+			B	b	i	alf	o	1,4
<i>Nitzschia sp.1</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sp.2</i>		+			-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia lokana</i>	+				B	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia sp.</i>			+	+	-	-	-	-	-	-

<i>Pinnularia subcommutata</i>				+	B	-	-	-	-	-
<i>Planothidium biporumum</i>				+	B	k	i	alf	$\chi$	-
<i>Platessa zieglerei</i>				+	-	-	-	-	$\beta$	-
<i>Psammothidium sp.</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Punctastriata glubokoensis</i>		+			-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia rupestris</i>	+	+	+		B	-	hl	-	-	-
<i>Stauroneis borrichii</i>	+	+			B	k	i	alf	-	-
<i>Staurosirella leptostauron</i>		+	+		-	a-a	i	-	-	-
<i>Staurosirella pinnata</i>			+		B	a-a	-	-	-	-
<i>Stephanodiscus neoastrae</i>	+				P	k	i	alb	-	1,4
<i>Stephanodiscus sp.</i>	+	+		+	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella brebissonii</i>	+				-	-	-	-	-	-
<i>Surirella sp.</i>		+			-	-	-	-	-	-
<i>Tabellaria flocculosa</i>				+	P-B	a-a	hb	alf	-	-
<i>Ulnaria acus</i> (= <i>Synedra acus</i> )	+	+		+	P	k	i	alb	-	1,85
<i>Ulnaria ulna</i> (= <i>Synedra ulna</i> )			+		B	k	i	alf	-	1,95
Итого	23	16	13	19						

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Фотографии диатомовых водорослей, встречающихся в большинстве точек и являющихся видами индикаторами.**



*Gomphonema parvulum*

Створки гетерополярные. Длина 17-30 мкм, ширина 5.5-7.5 мкм. Штрихи параллельные в средней и головной части.

**Экология:** мезотрофные и и эвтрофные алкалинные водоемы.

**Распространение:** широко распространенный вид.



*Meridion circulare*

Клетки образуют веерообразные колонии. Створки линейно-булавовидные. Длина 10-82 мкм, ширина 4-8 мкм.

**Экология:** в водоемах различной трофности.

**Распространение:** широко распространенный вид.



*Rhopalodia rupestris*

Створки дорсивентральные. Длина 24-29 мкм, ширина 5-6 мкм.

**Экология:** пресноводный вид.

**Распространение:** широко распространенный вид.



*Ulnaria acus*

Клетки одиночные или образуют колонии. Створки узкие, линейно-ланцетные, постепенно сужающиеся к концам. Длина 27-600 мкм, ширина 2-9 мкм.

**Экология:** алкалинные водоемы и водотоки со средним или высоким уровнем трофности.

**Распространение:** космополит.